ISBN : 978-602-8409-68-1

Dasar-Dasar Agronomi

Prof. Dr. Ir. I Nyoman Rai, M.S.
Fakultas Pertanian Universitas Udayana, Bali

PELAWA SARI
PERCETAKAN • PENERBIT

Prof. Dr. Ir. I Nyoman Rai, M.S.
Dasar-Dasar Agronomi
PELAWA SARI
PERCETAKAN • PENERBIT

DASAR-DASAR AGRONOMI

Prof. Dr. Ir. I Nyoman Rai, M.S.

PELAWA SARI
PERCETAKAN PENERBIT

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta

Lingkup Hak Cipta
Pasal 1

1. Hak Cipta adalah hak eksklusif pencipta yang timbul secara otomatis berdasarkan prinsip deklaratif setelah suatu ciptaan diwujudkan dalam bentuk nyata tanpa mengurangi pembatasan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Ketentuan Pidana
Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf I untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan / atau pidana denda paling banyak Rp. 100.000.000,00 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan / atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan / atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan / atau pidana denda paling banyak Rp. 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Hak Cipta pada Penulis. Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang :
Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit.

DASAR-DASAR AGRONOMI

Prof. Dr. Ir. I Nyoman Rai, M.S.

DASAR-DASAR AGRONOMI

Penulis :
Prof. Dr. Ir. I Nyoman Rai, M.S.

Cetakan Pertama :
2018, x + 265 hlm, 15 x 23 cm

Penerbit :
Percetakan Pelawa Sari

ISBN : 978-602-8409-68-1

KATA PENGANTAR

Kemajuan ilmu pengatahuan dan teknologi di bidang Agronomi, yaitu ilmu yang mempelajari cara pengelolaan tanaman pertanian dan lingkungan untuk memperoleh produksi maksimum dan berkelanjutan sangatlah pesat. Buku ini ditulis untuk memudahkan mahasiswa dalam memahami perkembangan Iptek Agronomi, sekaligus membantu mereka untuk dapat mengikuti dan menangkap isi perkuliahan dengan lebih baik dan terstruktur. Bukan maksud penulis bahwa nantinya mahasiswa menjadi segan untuk membaca teks tentang Agronomi dari sumber-sumber lainnya, tetapi sebaliknya dengan teks ini diharapkan para mahasiswa cukup mendapatkan pengertian yang baik tentang Ilmu Agronomi dengan segala terminologinya, sehingga segera mampu membaca buku dan artikel-artikel ilmiah yang lebih kompleks dan komprehensif, baik yang berbahasa Indonesia maupun Inggris.

Penulisan buku ini juga dimaksudkan untuk memenuhi kewajiban sebagai seorang dosen di perguruan tinggi, yaitu dengan penyusunan buku maka penyebaran ilmu dan pengalaman yang dimiliki seorang dosen tidak hanya kepada mahassiwa dari dosen yang bersangkutan, tetapi komunikasi dapat diperluas ke khalayak yang menyebar ke berbagai

perguruan tinggi lain. Dengan demikian diharapkan akan terjadi saling pengaruh-mempengaruhi antara berbagai aliran pengajaran suatu bidang ilmu.

Isi buku ini tidak hanya memberikan pengetahun tentang lingkup Agronomi dan teknik bercocok tanam, tetapi juga membahas secara komprehensif tentang sistem pertanian dan kebutuhan pangan; klasifikasi tanaman, faktor lingkungan, dan aliran energi dalam pertanian; pertumbuhan dan perkembangan tanaman; reproduksi dan pembiakan tanaman; serta usaha dan prinsip produksi pertanian. Mudah-mudahan buku ini dapat membantu mahasiswa program sarjana berhasil dengan baik, meningkatkan kemampuan praktisi pertanian dalam memahami agronomi dan melakukan inovasi agrikultural, serta bermanfaat bagi para pembaca budiman.

Penulis menyampaikan terima kasih kepada teman sejawat di Konsentrasi Agronomi dan Hortikultura, Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Udayana, khususnya kepada Dr. Ir. Gede Wijana, MS. dan Made Sukewijaya, SP.,M.Sc. atas saran dan masukannya, dan berbagai pihak yang ikut mendorong terwujudnya Buku ini. Kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, kami ucapkan banyak terima kasih. Akhirnya, saran dan kritik kami harapkan untuk penyempurnaan buku ini.

Denpasar, 2 Januari 2018
Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ..... **v**
DAFTAR ISI ..... **Vii**
BAB I.
PENDAHULUAN **1**
1.1. Pengertian Agronomi 1
1.2. Obyek dan Subyek Agronomi 5
1.3. Sarana Produksi, Sasaran
dan Peranan Agronomi 6
1.4. Tindakan Agronomi 8
1.5. Aspek dan Lingkup Agronomi 12
1.6. Sejarah Perkembangan Agronomi 14

BAB II.
SISTEM PERTANIAN
DAN KEBUTUHAN PANGAN **19**
2.1. Sejarah dan Sistem Pertanian di Indonesia 19
2.1.1. Klasifikasi Sistem Pertanian
Berdasarkan Tingkat Efisiensi Teknologi
dan Tanaman yang Diusahakan 21

2.1.2. Klasifikasi Sistem Pertanian di Daerah Tropika 22
2.2. Pangan, Kebutuhan Pangan dan Gizi 30
2.2.1. Pangan dan Kebutuhan Pangan 30
2.2.2. Gizi 40
2.2.3. Pertanian dan Perekonomian Nasional 47

BAB III.
KLASIFIKASI TANAMAN, FAKTOR LINGKUNGAN, DAN ALIRAN ENERGI DALAM PERTANIAN 51
3.1. Penamaan dan Klasifikasi Tanaman 51
3.1.1. Penamaan Tanaman 51
3.1.2. Klasifikasi Tanaman 54
3.1.3. Dasar-Dasar Klasifikasi Tanaman 60
3.2. Adaptasi dan Distribusi Tanaman 70
3.2.1. Adaptasi Tanaman 70
3.2.2. Distribusi Tanaman 71
3.3. Faktor Lingkungan Tanaman 75
3.3.1. Lingkungan di Atas Tanah 75
3.3.2. Lingkungan di Bawah Tanah 87
3.4. Aliran Energi dalam Pertanian 94
3.4.1. Penggunaan Energi untuk Kegiatan Tanaman 94
3.4.2. Konsep Aliran Energi dalam Pertanian 98

BAB IV.
PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN TANAMAN 105
4.1. Dasar-dasar Pertumbuhan di Dalam Sel 106
4.1.1. Fotosintesis 106
4.1.2. Respirasi dan Metabolisme 109
4.1.3. Absorpsi dan Translokasi Hara 110
4.2. Pertumbuhan Primer dan Sekunder 114
4.3. Perkembangan Tanaman 119

4.4. Fase-Fase Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman 122
4.4.1. Fase Vegetatif 123
4.4.2. Fase Reproduktif 124
4.4.3. Perimbangan Fase Vegetatif dan Reproduktif 125
4.4.4. Perimbangan Fase Reproduktif-Vegetatif dan Tipe-Tipe Pertumbuhan 128

BAB V.
REPRODUKSI DAN PEMBIAKAN TANAMAN 131
5.1. Reproduksi/Perbanyakan Secara Generatif 131
5.1.1. Lingkaran Hidup Tanaman 131
5.1.2. Penerbukan dan Pembuahan 133
5.1.3. Struktur Biji 137
5.1.4. Perkecambahan Biji 138
5.2. Reproduksi/Perbanyakan Secara Vegetatif 142
5.2.1. Reproduksi Vegetatif Alami 142
5.2.2. Reproduksi Vegetatif Buatan 144
5.3. Pebanyakan dengan Kultur Jaringan (*Plant Tissue Culture*) 153

BAB VI.
USAHA DAN PRINSIP DASAR PRODUKSI PERTANIAN 157
6.1. Penyediaan Benih dan Bibit Unggul 158
6.2. Pengolahan Tanah 165
6.2.1. Tujuan Pengolahan Tanah 166
6.2.2. Alat-Alat Pengolahan Tanah 168
6.2.3. Cara Pengolahan Tanah 169
6.3. Penanaman dan Jarak Tanam 175
6.4. Pupuk dan Pemupukan 183
6.4.1. Pupuk dan Jenis-Jenis Pupuk 184
6.4.2. Pemupukan 191

6.5. Pupuk Hayati Mikoriza 211
6.6. Pengairan 215
6.7. Perlindungan Tanaman 224
6.7.1. Pengendalian Gulma 224
6.7.2. Pengendalian Hama dan Penyakit 234
6.8. Pengendalian Pertumbuhan Tanaman 246
6.8.1. Pengendalian Pertumbuhan Secara Fisik 246
6.8.2. Pengendalian Pertumbuhan Secara Kimiawi 251
6.9. Penanganan Pasca Panen 252
DAFTAR PUSTAKA 258
BIODATA PENULIS 264

BAB I.
PENDAHULUAN

1.1. Pengertian Agronomi

Pertanian sebagai upaya produksi tanaman merupakan elemen penting dalam perkembangan kebudayaan manusia. Para ahli berpendapat bahwa awal mula dari budaya adalah perubahan dari kebiasaan hidup manusia sebagai pengumpul makanan dari alam dan berburu menjadi kebiasaan bercocok tanam atau tindakan menanam tanaman untuk memenuhi kebutuhan hidup yang diawali dengan memilih dan mendomestikasi (menjinakkan) jenis-jenis tanaman liar yang bermanfaat bagi kehidupan. Sifat manusia yang cenderung menuju ke tingkat yang lebih efisien dalam memenuhi tuntutan hidup disatu sisi melahirkan kebudayaan yang semakin maju dan disisi lain membawa kemajuan dalam budidaya tanaman. Kini, tanaman tidak lagi hanya dipandang sebagai sumber bahan pangan, sandang dan papan, tetapi telah begeser juga menjadi sumber bahan untuk kesehatan, inspirasi keindahan/estetika, kelestarian lingkungan, dan sarana rekreasi.

Agronomi merupakan istilah yang berasal dari bahasa Yunani, terdiri atas dua kata yaitu *agros* berati lahan atau lapang produksi (*fleld*) dan *nomos* berarti pengelolaan atau

manajemen (*manage*) (Carleton, 1908). Dengan demikian agronomi dapat diartikan sebagai ilmu yang mempelajari cara pengelolaan tanaman pertanian atau manajemen produksi lahan/lapang produksi dan lingkungan dengan tujuan memperoleh produksi yang maksimal. Dalam arti luas agronomi diartikan juga segala aspek biofisik yang berkaitan dengan usaha penyempurnaan budidaya tanaman. Agronomi sering pula diartikan sebagai ilmu yang mempelajari cara pengelolaan tanaman pertanian dan lingkungan untuk memperoleh produksi maksimum dan lestari (berkelanjutan/*sustainable*).

Secara tradisional agronomi dideskripsikan sebagai cabang ilmu pertanian yang mengkaji tentang prinsip dan praktek pengelolaan tanah, air, dan tanaman. Sadjad (1993) mendefinisikan agronomi sebagai cabang ilmu-ilmu pertanian yang mencakup pengelolaan lapang produksi dan menghasilkan produksi maksimum, sedangkan Harjadi (1996) menyatakan agronomi merupakan ilmu yang mempelajari cara pengelolaan tanaman pertanian dan lingkungannya untuk memperoleh produksi maksimum. Pengelolaan dilakukan pada berbagai tingkatan dari sederhana sampai maju dan pada saatnya tingkat efektivitas dan efisiensi ternyata dipengaruhi oleh tingkat budaya manusianya.

Dalam kaitannya dengan lingkungan, agronomi merupakan suatu kegiatan pengelolaan tanaman dengan jalan mengkonversikan CO_2 dari udara, air dan unsur hara dari dalam tanah dengan bantuan energi surya, menjadi bahan yang memberikan daya guna dan hasil guna yang lebih baik bagi kehidupan manusia. Agronomi dapat juga dipandang sebagai ilmu konversi karena agronomi merupakan suatu sistim pengubahan energi sinar surya melalui tanaman menjadi energi biokimia yang dapat dimanfaatkan secara maksimum oleh manusia didalam memelihara kehidupannya. Chandrasekaran *et al.* (2010) memberikan pengertian "baru" agronomi, yaitu aplikasi ilmu dan teknologi untuk memajukan sistem produksi tanaman dengan tetap menjaga kualitas udara, tanah, dan air. Dalam konteks ini, agronomi berkaitan erat dengan nilai ekonomi

dengan tetap mengedepankan kelestarian ekologi dan keberlanjutan (*sustainability*).

Berdasarkan atas pengertian agronomi, terdapat tiga unsur pokok dan ketiganya disebut juga dengan **unsur-unsur agronomi**, yaitu:

1. Lapang produksi (lingkungan tanaman)
2. Pengelolaan (manajemen)
3. Produksi maksimum (sebagai hasil dari lapang produksi dan pengelolaam).

Lingkungan adalah tempat dimana tanaman di budidayakan, pengelolaan adalah usaha untuk membuat lingkungan menjadi tempat yang sesuai untuk budidaya tanaman bertujuan untuk memperoleh hasil yang maksimum dan memperkecil resiko. Pengelolaan pada dasarnya dilakukan dengan terencana melalui pemanfaatan berbagai jenis teknologi yang ada, sedangkan produksi maksimum adalah upaya memaksimalkan produksi melalui gabungan dari lingkungan dan pengelolaan yang dijadikan satu kesatuan guna mendapatkan hasil yang maksimal. Sifat dari unsur-unsur agronomi adalah tidak kekal, misalnya yang dikatakan produksi maksimum sebenarnya bersifat dinamis (tidak mantap) karena dipengaruhi oleh tingkat pengelolaan dan kondisi lapang produksi (Ankerman dan Large, 2007; Chandrasekaran *et al.,* 2010).

Lapang produksi (*field*)/lingkungan tanaman disebut juga sebagai **fokus agronomi**. Lapang produksi dapat berwujud sebidang tanah, bak/pot, tabung dari tanah/plastik atau bahan lain yang berisi tanah atau larutan hara. Letak dari fokus agronomi sangat beragam, bisa di alam terbuka secara alamiah, dapat pula di didalam ruangan yang terkendali seperti rumah kaca), rumah kasa, rumah plastik, ataupun dalam laboratorium, fototron, atau *plant factory*. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi lapang produksi antara lain tingkat kesuburan tanah yang akan berakibat baik atau buruk terhadap produksi tanaman.

Kelompok lapang produksi yang dikelola secara efisien disebut sebagai **unit agronomi**. Unit agronomi merupakan satuan fisik dari lapang produksi sebagai fokus agonomi. Unit-unit dimaksud dapat berupa hamparan lahan, misalnya

50 ha sawah, 50 ha perkebunan kopi, 100 ha sayuran, 10 buah rumah kaca berukuran tertentu, atau sejumlah bak plastik atau pot tanaman, dan lain-lain. Pengelolaan sangat dipengaruhi oleh sumber daya manusianya, misalnya kemampuan dalam memilih tanaman yang sesuai dengan kondisi setempat, kemampuan membaca peluang pasar, sedangkan produksi maksimum tergantung dari lapang produksi dan pengelolaan, bila lapang produksi maksimum dan pengelolaan maksimum maka produksi maksimum akan tercapai dengan catatan kondisi lingkungan yang mendukung dan terkendali. Hasil pertanian dalam bahasan agronomi ditinjau dari dua aspek yaitu hasil fisik dan non fisik. Hasil fisik terkait dengan produktivitas atau daya hasil, merupakan besaran yang dapat diukur atau dihitung. Sedangkan hasil non-fisik cenderung membahas mutu hasil. Mutu hasil sering tidak dapat diukur secara langsung, tetapi berpengaruh kepada nilai ekonomi produk.

Budidaya tanaman adalah usaha mengelola tanaman di lapangan mulai dari pengelolaan tanah, pengadaan benih atau bibit, tanaman sampai panen sehingga tanaman memberikan produksi maksimum dengan mengoptimalisasikan penggunaan sumber daya alam. Dalam konteks agronomi, istilah produksi tanaman dapat dibedakan menjadi produksi optimum, produksi maksimum, hasil, dan produktivitas. **Produksi optimum** adalah produksi pada saat keuntungan secara ekonomis tertinggi tercapai dengan tingkat kerusakan sumber daya alam pada batas minimal. **Produksi maksimum** adalah produksi tertinggi yang dicapai tanpa memperhatikan kelestarian sumber daya alam. **Hasil** adalah kemampuan tanaman menghasilkan produksi biologis pada satu satuan luasan areal tertentu, sedangkan p**roduktivitas** adalah kemampuan tanaman untuk menghasilkan produksi biologis pada satu satuan waktu dan areal tertentu.

Dalam pembahasan agronomi selalu tercakup aspek pengelolaan (manajemen) tanaman, kelestarian lingkungan, produksi dan produktivitas suatu usahatani berbasis tanaman (bercocok tanam). Aspek-aspek pengelolaan tanaman di antaranya meliputi cara pembiakan atau

perbanyakan tanaman, pengaturan pertumbuhan tanaman, pemupukan, pemuliaan tanaman dan perlindungan tanaman. Aspek lingkungan meliputi pengelolaan air, pengolahan tanah, pengaturan cahaya dan suhu dalam pertanaman di bawah struktur, serta pengetahuan tentang ekosistem pertanian. Kesemua aspek pengelolaan tersebut bermuara pada hasil bercocok tanam maksimum dan lestari, yang sangat berkonotasi ekonomi. Tidak heran dalam bahasa Jepang agronomi diterjemahkan sebagai *nogyoukeizaigaku* (Ilmu Ekonomi Pertanian), sehingga secara keseluruhan cabang-cabang ilmu dan teknologi agronomi merupakan dasar dari pelaksanaan lapang produksi yang dahulu dikenal sebagai ilmu bercocok tanam, agar menghasilkan produksi maksimum dengan tetap mementingkan kelestarian daya dukung lahan dan kelestarian jenis tanaman.

1.2. Obyek dan Subyek Agronomi

Secara umum **obyek agronomi** adalah tanaman. Tanaman dalam kajian agronomi adalah tumbuhan yang dibudidayakan manusia dan mempunyai manfaat langsung untuk kebutuhan manusia. Tumbuhan tersebut biasanya telah melalui seleksi alami dalam jangka waktu yang panjang melalui seleksi buatan manusia atau telah mengalami pemuliaan. Tanaman mempunyai ciri-ciri seperti mudah dikembang biakkan, berkembang biak dalam waktu yang relatif singkat, mampu memberikan hasil berlipat ganda, tidak berbahaya bagi manusia, dan dapat dipasarkan, misalnya; padi, kedelai, jagung, kakao, kopi, kelapa, kelapa sawit, dan lain-lain. Obyek agronomi dapat berkembang lebih luas tidak hanya sekedar tanaman, tergantung pada sasaran produksi maksimum dari agronomi. Sebagai contoh, ikan di sawah dapat menjadi obyek agronomi apabila sasaran produksi maksimum agronomi di sawah bersangkutan dihitung sebagai produksi segala macam bentuk produk di areal sawah per satuan waktu tertentu. Dalam kondisi demikian pada sawah tersebut yang menjadi obyek agronomi adalah tanaman padi dan ikan. Obyek agronomi yang lain

dapat pula berupa ternak yang dikelola di unit agronomi tertentu sebagai pertanian terpadu.

Subyek agronomi dapat bermacam-macam seperti petani, agronomist, pengusaha pertanian, penyuluh, dan pelaku sarana bidang agronomi. Petani adalah orang yang mata pencaharian pokoknya berasal dari hasil budidaya tanaman dan secara praktis melakukan kegiatan tersebut, sedangkan agronomist adalah orang yang terlibat secara tidak langsung dalam penelitian atau teori untuk peningkatan kualitas dan kuantitas produksi biologis tanaman. Petani secara langsung terlibat dalam kegiatan budidaya tanaman di lapangan. Seorang agronomist adalah salah satu dari subyek agronomi yang haus mampu dan ahli di bidang agronomi, sebagai tenaga pemikir/perencana/ perancang dalam pengembangan pertanian. Seorang agronomist juga harus mampu menggerakkan, memberi penyuluhan atau mendidik para pelaku bidang agronomi sehingga sasaran agronomi yang ditetapkan tercapai. Pengusaha Pertanian adalah petani atau pengusaha yang menyelenggarakan usaha taninya menurut teknologi maju dan menggunakan akal dan karyanya secara maksimal guna mendapat produksi dan keuntungan yang maksimal, mempunyai modal tekad besar dan mudah menerima pembaharuan.

1.3. Sarana Produksi, Sasaran dan Peranan Agronomi.

Sarana produksi (saprodi) dalam agronomi merupakan bahan yang sangat menentukan dalam keberhasilan budidaya tanaman pada suatu wilayah tertentu. Saprodi yang ada hubungan langsung dengan tanaman adalah benih atau bibit, pupuk, bahan kimia pengendali musuh tanaman, zat pengatur tumbuh (ZPT), dan alat-alat pertanian. Pupuk, merupakan sarana produksi penting dalam meningkatkan produksi tanaman dan mempertahankan produktivitas tanah. Pupuk dapat berupa pupuk anorganik (buatan) dan pupuk organik, seperti kompos, pupuk kandang, dan pupuk hijau. Benih/bibit merupakan sarana pokok didalam

budidaya tanaman. Benih/bibit yang baik akan memberikan pertumbuhan yang baik dan produksi yang tinggi. Bahan kimia dalam agronomi mendukung kegiatan produksi pertanian terutama dalam mengendalikan hama dan penyakit tanaman yang disebut pestisida dan zat pengatur tumbuh tanaman (ZPT) untuk merangsang pertumbuhan tanaman. Alat-alat pertanian dalam agronomi berfungsi untuk memberikan kondisi optimum untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman, misalnya cangkul, bajak, dan garu untuk pengolahan tanah. Petani modern memerlukan traktor untuk pengolahan tanah, selain itu diperlukan juga alat untuk pemupukan dan alat penyemprotan serta alat panen.

Sarana produksi dalam agronomi tidak saja berwujud benda-benda (*tangible*), tetapi juga jasa (*intangible*). Sarana berupa benda yang digunakan oleh subyek agronomi serta sarana jasa berupa kemampuan pengelolaan diarahkan untuk memcapai sasaran produksi maksimum. Sarana benda antara lain dapat berupa perlengakapan lapang, sarana teknologi, sarana penyimpanan, sarana pengangkutan produksi lapang, dan sarana pengolahan. Sedangkan sarana jasa berupa kemampuan pengelolaan di lapang, baik berupa suatu pemikiran pola produksi maupun berupa suatu usaha perantara-pelaksana yang menghubungkan pelaskanan yang satu dengan lain seperti penyuluh lapang dan kelompok-kelompok petani dalam unit-unit agronomi.

Sebagaimana telah disinggung di atas, **sasaran agronomi** adalah produksi maksimum. Produksi maksimum dapat berwujud dalam satuan berat dari buah, biji, umbi, dan lain-lain, satuan volume dari getah, cairan buah, juice daun, dan lain-lain, satuan ppm (*part per million*) dari kandungan protein, lemak, dan gula, satuan ekor ternak dank an, atau dapat berwujud dalam satuan tidak terbilang, seperti derajat seni pengaturan taman, indahnya mutu komposisi taman, harumnya bunga, lezatnya buah, menarinya bentuk bonsai, dan sebagainya. Untuk mendapatkan sesuatu hasil dari kegiatan produksi tanaman secara maksimum, dapat dilakukan dengan pendekatan optimalisasi pemanfaatan lahan dengan cara penggunaan benih bermutu dari varitas

unggul, perbaikan kesuburan tanah, pengaturan pola tanam yang dikaitkan dengan pengembangan komoditas yang sesuai dengan agroekosistem, dan lain-lain. Hasil yang dicapai dapat berupa kepuasan rohani atau suatu hasil yang nyata untuk kebutuhan hidup manusia secara langsung, seperti gabah, umbi, buah-buahan, dan lain sebagainya.

Peranan agronomi sangatlah luas dan penting, diantaranya yaitu:

1. Agronomi berperan dalam menyediakan bahan baku pangan, sehingga agronomi sangat penting perannya dalam usaha memantapkan swasembada pangan beras, palawija dan hortikultura dan memperbaiki kualitas dari pangan tersebut.
2. Agronomi berperan dalam menyediakan bahan baku industri. Kegiatan usaha tani ini ditujukan pada tanaman yang berorientasi untuk menunjang kebutuhan industri atau ekspor dengan investasi jangka panjang, seperti kakao, kelapa sawit, kopi, dan lain-lain. Usaha meningkatkan produksi tanaman industri memberikan dampak positif terhadap pendapatan/devisa negara. Untuk itu perlu perencanaan berupa kemampuan lahan yang tersedia, pelaksanaan pengelolaan untuk mencapai produktivitas tinggi dan berkelanjutan, melestarikan sumber daya alam dan perluasan pemasaran hasil.
3. Agronomi berperan dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat, karena kegiatan agronomi menyediakan bahan baku untuk komoditas ekspor sehingga menyerap banyak tenaga kerja mulai dari pengelolaan tanaman sampai pada kegiatan pasca panen dan industri hasil pertanian.
4. Agronomi berperan dalam mempertahankan kelestarian lingkungan.

1.4. Tindakan Agronomi

Tindakan agronomi adalah segala usaha atau upaya manusia berupa tindakan atau penerapan teknologi dalam melaksanakan budidaya tanaman untuk mencapai produksi

yang maksimum. Dengan kata lain, semua pekerjaan yang dilakukan untuk mencapai sasaran agronomi disebut tindakan agronomi. Upaya yang dilakukan diklasifikasikan sebagai tindakan agronomi apabila memenuhi 3 (tiga) syarat, yaitu:

1. Sudah ada lapang produksi (lahan tempat malaksanakan budidaya tanaman tidak berpindah-pindah/tidak nomaden)
2. Terdapat pengelolaan yang terencana
3. Tercapainya tujuan yaitu produksi yang maksimum.

Seorang subyek agronomi harus menyadari ketiga unsur dari agronomi dan ketiga syarat dari tindakan agronomi. Sebagai contoh, seorang petani sebagai subyek agronomi tindakannya belum masuk sebagai tindakan agronomi apabila: (a) dia tidak melakukan pengolahan tanah. Kegiatan yang dilakukan hanya membakar hutan kemudian menanaminya, tidak berarti mengolah tanah; (b) dia tidak memelihara tanaman, sesudah menanam dia hanya diam menunggu dan memetik hasilnya tanpa melakukan pemeliharaan atau pengawasan hama dan penyakit, maka belum tergolong tindakan agonnomi; (c) dia berpndah-pindah tempat, sesudah kesuburan tanahnya menurun dia mencari tempat lain yang masih subur. Sesudah bertahun-tahun ditinggalkan kemudian tumbuh menghutan lagi lalu dia kembali ke tanah itu menanam tanaman lagi sesuadah melampaui masa beberapa tahun; dan (d) dia tidak berusaha atau tidak mempunyai target mencapai produksi maskimum.

Tindakan agronomi diawali dengan menetapnya lahan pertanian, karena dengan lahan pertanian yang tetap seseorang akan berusaha untuk terus meneus memperbaiki usaha tani tersebut agar tercapai produksi yang maksimum. Tindakan agronomi sudah dianggap sempurna apabila ditandai oleh adanya lapang produksi, pengelolaan yang terencana, dan adanya target atau tujuan untuk mencapai produksi maksimum dengan menerapkan berbagai ilmu dan teknologi. Bila dalam pengelolaan suatu obyek agronomi tidak dilakukan hal-hal yang berhubungan dengan usaha meningkatkan produksi, maka hal itu tidak dapat dikatakan sebagai tindakan agronomi. Sebagai contoh, petani

menanam kedelai tetapi tanaman kedelai tersebut dibiarkan tumbuh tanpa ada usaha untuk memperbaiki pertumbuhannya, maka petani tersebut tidak melakukan tindakan agronomi.

Tingkatan dari tindakan agronomi bersifat berjenjang mulai dari yang paling sederhana sampai yang maju atau yang paling terkini (*up to date*), dan tingkatan tindakan agronomi tersebut dicerminkan oleh tingkatan pengelolaan lapang produksi. Umumnya, semakin tinggi tingkat pengetahuan petani atau semakin tinggi tujuan produksi maksimum yang ditetapkan, maka tindakan agronomi yang dilakukan semakin maju. Tingkat pengelolaan lapang produksi yang masih rendah atau tidak sempurna, misalnya tidak dilakukan pengelolaan tanah, tidak ada tindakan pemeliharaan/perawatan tanaman, sistem usaha tani masih dalam bentuk ladang berpindah, dan tidak ada usaha untuk melakukan produksi maksimum. Tingkat tindakan agronomi yang ekstrim rendah dicirikan dengan suatu areal pertanian yang menjadi hutan, semak dan belukar. Sebaliknya pengelolaan unit agronomi yang sudah maju dicirikan dengan adanya upaya mengelola segenap unsur tanah, air, iklim dan lingkungan serta meningkatnya pemanfaatan sarana dan bahan-bahan agronomi berupa agro-input untuk mendukung pertumbuhan tanaman, misalnya mampu meramalkan jenis komoditas yang menguntungkan, mampu mengestimasi produksi maksimumnya jatuh pada waktu yang bertapatan dengan harga dipasaran tinggi sehingga menguntungkan, mampu menetapkan kapan seharusnya suatu tanaman ditanam, dan dapat membaca kebutuhan pasar lokal dan luar daerah bahkan luar negeri. Tingkat pengelolaan lapang produksi dikatakan *up to date* apabila fokus agronomi yang digunakan bukan lagi hanya berupa tanah pertanian, tetapi sudah menggunakan kultur air, hidroponik, aeroponik, vertikultur, bertanam dalam struktur bangunan, bertanam dalam *plant factory* dengan menggunakan perpaduan ilmu tanaman, komputer, keteknikan, dan teknologi informasi yang membutuhkan

penanaman modal yang besar untuk pelaksanaannya, atau telah menggunakan peralatan dan agroinput dengan teknologi nano dan bioteknologi. Untuk meningkatkan produksi yang maksimum dibutuhkan keterampilan dari subjek agronomi, semakin piawai seorang subjek agronomi mengelola tanaman dan lingkungannya maka semakin baik pula produksi yang akan didapat, misalnya dalam suatu areal pertanian yang tidak luas tetapi dapat dihasilkan tanaman yang sama dengan bila tanaman tersebut ditanam didalam areal yang luas, contoh dengan menggunakan vertikultur.

Dalam memaksimalkan produksi, subjek agronomi dituntut untuk menggunakan akal pikiran untuk memanfaatkan setiap jengkal lahan atau berkreasi menggunakan berbagai metode atau teknik bertanam dikombinasikan dengan penerapan ilmu dan eknologi terbaru untuk mencapai produksi maksimum. Intensifikasi dalam pengelolaan unit agronomi akan diikuti oleh meningkatnya penggunaan sarana agronomi, baik benda/ bahan mapun jasa. Sebagai contoh, peningkatan tindak agronomi dalam mengelola sawah akan berakibat pada meningkatnya penggunaan sarana agronomi berupa benda seperti benih unggul, pupuk, dan obat-obatan, serta meningkatnya kualitas sarana agronomi berupa jasa, seperti jasa pengaturan air irigasi, jasa penyuluhan dan jasa pemasaran produksi. Tingkatan pengelolaan lapang produksi atau unit agronomi akan makin tinggi apabila media tumbuh yang digunakan bukan lagi tanah, melainkan berupa hidrofonik dengan ramuan hara tanaman yang dilarutkan dan penenmapatnya dalam sistem bertingkat dalam ruangan yang dilengkapi dengan penyinaran buatan. Tingkatan pengelolaan lapang produksi dengan budidaya tanaman tunggal akan lain dibandingkan dengan pengelolaan tanaman ganda atau campuran. Juga akan lain apabila budidaya tanaman dicampur dengan budidaya ikan, ternak ataupun lebah (*mixed farming*).

1.5. Aspek dan Lingkup Agronomi.

Bidang agronomi meliputi tiga aspek pokok, yaitu **aspek pemuliaan tanaman, aspek fisiologi tanaman, dan aspek ekologi tanaman.** Ketiga aspek agronomi di atas merupakan suatu gugus ilmu tanaman (*crop science*) yang langsung berperan dan mendukung tindakan-tindakan agronomi dari berbagai tingkatan dan akan terlihat pada produksi maksimum tanaman.

Pemuliaan Tanaman dalam agronomi sangat penting artinya dalam produksi tanaman. Pemuliaan tanaman merupakan usaha untuk memperbaiki sifat genetis tanaman sehingga di dapat jenis tanaman yang unggul. Jenis unggul memiliki sifat yang baik seperti tanggap terhadap pemupukan, tahan terhadap hama dan penyakit, mampu bersaing dengan gulma, produksi tinggi, umur produksi lebih cepat, dan lain-lain. Hasil dari pemuliaan tanaman misalnya berupa suatu varietas yang memiliki berbagai sifat unggul, namun keunggulan sifat varietas itu sangat tergantung kepada tigkatan-tindakan agronomi yang dilakukan pada tahap itu. Keunggulan varietas dapat terus dikembangkan bila subjek agronomi dapat menguasai berbagai sifat fisiologi objeknya.

Faktor Fisiologi dalam ruang lingkup agronomi merupakan ilmu pengetahuan yang mempelajari proses-proses alamiah yang terjadi dalam tanaman. Kehidupan tanaman erat hubungannya dengan kegiatan fotosintesis. Berdasarkan produk awal pada fotosintesis maka tanaman dapat dikelompokan menjadi tanaman C_3, C_4, dan CAM. Kelompok tanaman C_3 hasil pertama dari proses fotosintesis adalah asam fosfogliserat (PGA). Proses fotosintesis menurut daur Calvin contoh pada tanaman kedelai, padi, gandum. Kelompok tanaman C_4, proses fotosintesis menurut daur Hatch dan Slack. Produk pertama dari fotosintesis adalah asam malat, lebih efisien dalam penggunaan sinar surya dan CO_2, contohnya pada tanaman jagung, tebu, sorgum, rumput. Kelompok CAM (*Crassulacea Acid Metabolism*) umumnya adalah tanaman sukulen berkutikula tebal, hidup di daerah kering seperti kaktus, anggrek, dan

nanas. Tanaman CAM ini meningkatkan kandungan asamnya secara cepat pada malam hari dan menurun pada siang hari. Pada siang hari terjadi penangkapan energi surya dan diubah menjadi energi biokimia. Pada malam daun menyerap CO_2 dari udara dan terjadilah sintesis CO_2 menjadi bahan organik. Aspek fisiologi dalam bidang agronomi mencakup segenap kelakuan metabolisme tanaman dari taraf benih sampai dengan taraf panen dan pasca panen. Sebagai contoh, suatu varietas tanaman yang mimiliki masa dormansi tidak cocok untuk meningkatkan produksi, lalu melalui pemuliaan tanaman diusahakan mendapat varietas dengan kelakuan dormansi yang lebih menguntungkan. Dormansi benih merupakan kelakuan fisiologis yang pada saat tertentu menguntungkan menguntungkan bagi usaha memperpanjang perode simpan dan viabilitas benih. Akan tetapi merupakan aspek yang hatrus dipecahkan apabila benih tersebut sudah dikehendaki tumbuh namun karena masih dorman maka tidak juga mau berkecambah.

Faktor ekologi yang berperan sangat penting pada pertumbuhan tanaman adalah tanah dan iklim. Tanah merupakan komponen hidup dari lingkungan yang penting yang dapat dimanipulasi untuk mempengaruhi penampilan tanaman. Dalam mendukung kehidupan tanaman, tanah mempunyai tiga fungsi utama yaitu memberikan unsur hara untuk tanaman, memberikan air dan reservoar, menunjang tanaman atau sebagai tempat berpegang dan bertumpu untuk tegak. Faktor lingkungan (iklim) yang penting adalah suhu udara, penyinaran surya, hujan dan kelembaban udara. Contoh lainnya, kelakuan pembungaan pada tanaman yang ada hubungannya dengan intensitas cahaya atau periode penyinaran merupakan aspek ekologi tanaman. Adanya atau tiadanya persaingan antara tanaman yang ditanam dalam budidaya campuran, keberadaan perakaran tumbuhan penggangu terhadap perakaran tanamam, efek naungan terhadap pertumbuhan bibit di pesemaian, merupakan contoh-contoh aspek ekologi yang perlu diperhatikan dalam tindakan agronomi.

Obyek agronomi yang berupa tanaman dapat dikelompokkan menjadi berbagai kelompok komoditas,

yaitu: (1) kelompok tanaman pangan, (2) kelompok tanaman industri, (3) kelompok tanaman perkebunan, (4) kelompok tanaman hortikultura (buah-buahan, sayuran dan tanaman hias), (5) kelompok tanaman biofarmaka (obat-obatan), dan (6) kelompok tanaman pakan ternak. Pengelompokan komoditas demikian itu merupakan pengelompokan fungsional. Disamping itu, dapat pula dilakukan pengelompokan secara struktural seperti kelompok tanaman serealia, leguminosa, serat-seratan, sayuran, buah-buahan, bunga-bungaan, dan sebagainya. Baik komoditas yang dikelompokkan secara fungsional maupun struktural, keduanya menrupkan obyek agronomi yang diusahakan dalam berbagai lingkup agronomi. Lingkup agronomi tersebut bertautan satu sama lainnya dan berakhir pada tercapainya sasaran produksi maksimum.

Lingkup agronomi meliputi bidang-bidang pemuliaan tanaman, teknologi benih, teknik budidaya, pemberantasan hama dan penyakit, pemberantasan gulma, pemanenan, pengolahan, dan penyimpanan. Masing-masing bidang mengandung tindakan agronomi sendiri-sendiri, tetapi semua itu berada dalam konteks agronomi. Misalnya, bidang teknologi benih yang mengusahakan benih bermutu tinggi, harus mencakup upaya memperbaiki sifat genetiknya, fisik maupun fisiologisnya. Benih dipandung sebagai sarana agronomi yang harus sehat, tidak tercemar oleh benih gulma atau adabekas gigitan serangga dan berumur genjah yang bermuara pada penggunaan benih tersebut dapat tercapainya produksi maksimum. Tegasnya semua lingkup agronomi berada dalam konteks yang terpadu, satu sama lain mempunyai hubungan yang erat dan timbal balik.

1.6. Sejarah Perkembangan Agronomi

Kata agronomi tercatat mulai dikenal dalam bahasa Inggris pada tahun 1805-1815 sementara kata pertanian (*agriculture*) telah mulai digunakan pada tahun 1425 – 1475 (Chandrasekaran *et al.,* 2010). Pada awal perkembangan peradaban manusia di bumi, manusia hanya hidup dengan

apa yang ada disekelilingnya dengan mencari atau memanen biji-bijian dan buah-buahan. Dengan bertambahnya jumlah manusia, lama kelamaan apa yang ada disekelilingnya tidak lagi mencukupi bagi kebutuhan pangan sehari-hari. Pada keadaan itu orang mulai berpikir dan mencoba untuk bercocok tanam dan beternak meski dengan teknologi dan tindakan agronomi sangat rendah/asal tanam. Pada fase berikutnya, karena jumlah manusia terus bertambah dan pengetahuan kian maju, petani mulai berpikir bagaimana cara mengusahakan lahan agar tidak cepat menurun kesuburannya terutama dalam jangka panjang.

Perkembangan kebudayaan manusia yang memungkinkan terjadinya migrasi dan hubungan antar budaya memberikan pengaruh positif pada adanya pengayaan jenis tanaman pertanian melalui proses introduksi, yaitu proses memasukkan spesies ke habitat baru. Kemudian kemajuan ilmu dan teknologi manusia membawa kepada proses pemuliaan tanaman, terutama setelah diketemukannya hukum pewarisan oleh Mendel pada pertengahan abad ke-19. Dalam perkembangan berikutnya pemuliaan tanaman juga sudah ditempuh dengan jalur pembuatan mutasi buatan misalnya dengan radiasi sinar gamma atau penggunaan bahan kimi, hibridisasi somatik, pemanfaatan kultur jaringan dan bioteknologi, dan terakhir dengan melibatkan rekayasa genetik yang menghasilkan tanaman transgenik yang masih kontroversial.

Agronomi sebagai cabang ilmu pertanian yang mengkaji tentang prinsip dan praktek pengelolaan tanah, air, dan tanaman, fokus kegiatan utamanya adalah aspek teknis budidaya tanaman, mulai dari penyiapan benih atau bibit, pengolahan/penyiapan lahan, penanaman, pemeliharaan tanaman termasuk juga beberapa tindakan khusus yang dilakukan selama penyiapan lahan dan pemeliharaan tanaman, misalnya pemupukan, penyiraman/penyediaan air bagi tanaman, pengendalian hama dan patogen tanaman, penyiangan gulma, pemangkasan sebagian dari tajuk tanaman, penjarangan buah, panen dan pasca panen, serta semua tindakan lain yang dilakukan untuk meningkatkan

produktivitas dan/atau kualitas hasil. Keberadaan agronomi menjadi semakin penting karena terjadi fenomena ketidakcukupan pangan dan bahkan bencana kelaparan. Hal tersebut disebabkan pertumbuhan penduduk mengikuti deret ukur sedangkan peningkatan hasil pertanian mengikuti deret hitung. Lahirnya gerakan *revolusi hijau*, yaitu suatu perubahan cara bercocok tanam dari cara tradisional ke cara modern relatif dapat mengatasi keadaaan tersebut. Revolusi hijau yang sering juga disebut revolusi agraria (pengertian agraria meliputi bidang pertanian, perkebunan, peternakan, perikanan, dan kehutanan) ditandai dengan makin berkurangnya ketergantungan petani pada cuaca dan alam, digantikan dengan peran ilmu pengetahuan dan teknologi dalam upaya meningkatkan produksi pangan. Lahirnya revolusi hijau itu sendiri diwali sejak Thomas Robert Malthus (1766–1834) yang menyatakan bahwa kemiskinan adalah masalah yang tidak bisa dihindari oleh manusia dan itu terjadi karena pertumbuhan penduduk dan peningkatan produksi pangan yang tidak seimbang.

Revolusi hijau mendasarkan diri pada empat pilar penting yaitu penyediaan air melalui sistem irigasi, pemakaian pupuk kimia secara optimal, penerapan pestisida sesuai dengan tingkat serangan organisme pengganggu, dan penggunaan varietas unggul sebagai bahan tanam berkualitas. Melalui penerapan teknologi non-tradisional ini, terjadilah peningkatan hasil tanaman pangan berlipat ganda dan memungkinkan penanaman tiga kali dalam setahun untuk padi pada tempat-tempat tertentu. Keuntungan yang didapat dari adanya revolusi hijau dalam bidang pertanian, antara lain ditemukannya berbagai jenis tanaman dan biji-bijian/varietas unggul, meningkatnya produksi pertanian yang berarti dapat mengatasi pangan, dan pendapatan petani meningkat yang berarti meningkatnya kesejahteraan petani. Namun demikian, revolusi hijau juga memberikan kerugian dalam bidang pertanian, antara lain menurunnya daya produksi tanah karena ditanami terus menerus, polusi tanah dan air akibat penggunaan pupuk pestisida yang berlebihan, dan dengan mekanisasi pertanian mengakibatkan tenaga manusia

digantikan mesin.

Perkembangan revolusi hijau juga berpengaruh terhadap Indonesia. Melalui revolusi hijau, upaya peningkatan produktivitas pertanian Indonesia dilakukan dengan 4 cara, yaitu: (1) intensifikasi pertanian yaitu upaya peningkatan produksi pertanian dengan menerapkan formula pancausaha tani (pengolahan tanah, pemillhan bibit unggul, pemupukan, irigasi, dan pemberantasan hama); (2) ekstensifikasi pertanian yaitu upaya peningkatan produksi pertanian dengan memperluas lahan pertanian; (3) diversifikasi pertanian yaitu upaya peningkatan produksi pertanian dengan cara penganekaragaman tanaman, misal dengan sistem tumpang sari seperti lahan sawah ditanami kacang panjang, jagung, dan sebagainya; dan (4) rehabilitasi pertanian yaitu upaya peningkatan produksi pertanian dengan cara pemulihan kemampuan daya produktivitas sumber daya pertanian yang sudah kritis. Dampak positif dari revolusi hijau bagi Indonesia tentu sangat besar, tetapi dampak negative yang timbul juga tidak kecil. Dampak negatif dari revolusi hijau bagi Indonesia yang menonjol adalah ketergantungan petani terhadap pupuk kimia dan zat kimia pembasmi hama dan penyakit berdampak pada tingginya biaya produksi yang harus ditanggung petani, penggunaan bahan kimia dalam jangka panjang bersifat merusak lingkungan dan lahan pertanian itu sendiri, dan peningkatan produksi pangan dari revolusi hijau tidak diikuti oleh meningkatnya pendapatan petani secara keseluruhan karena penggunaan teknologi modern hanya dirasakan oleh petani kaya.

Munculnya dampak negatif terhadap lingkungan akhirnya menmbuhkan kesadaran baru dan sistem pertanian organik mulai dirasa penting bagi ahli-ahli pertanian, terutama yang peduli terhadap kelestarian lahan dan lingkungan. Pada sistem pertanian organik dari segi produktivitas lahan tidak setinggi sistem pertanian kimiawi karena memang berbeda tujuan. Dalam kaiatan itu, kajian agronomi mempunyai karakteristik yang tidak hanya fokus pada proses produksi, tetapi juga mulai mempertimbangkan kemungkinan dampak negatifnya terhadap lingkungan serta

upaya pencegahannya. Agronomi kemudian dicirikan dengan aplikasi ilmu dan teknologi untuk memajukan sistem produksi tanaman dengan tetap menjaga kualitas serta kelestarian lingkungan udara, tanah, dan air. Bahkan dalam perkembangan selanjutnya, kajian agronomi semakin berkembang lagi tidak hanya pada proses produksi dan dampaknya terhadap lingkungan, tetapi sudah dikaitkan dengan sistem agrbisnis dan agroindustri. Agribisnis adalah seluruh rangkaian pertanian secara komersial yang mencakup pada pengadaan serta pendistribusian sumberdaya, sarana produksi dan jasa, penanganan, kegiatan produksi pertanian, penyimpanan dan transformasi hasil, pemasaran hasil, dan hasil olahan. Sedangkan sistem merupakan kumpulan aspek yang berkaitan antara satu dan yang lain serta terorganisir dan berinteraksi yang secara bersamaan bereaksi terhadap input yang bertujuan untuk menghasilkan output yang efisien dan menguntungkan. Agroindustri merupakan sub-sistem dari agribisnis yang mencakup seluruh kegiatan pada pasca panen dan pengolahan, penanganan, pengkelasan, pengemasan, pelabelan, dan penyimpanan yang terdapat dalam usaha transformasi produk dan pemasaran. Dengan demikian, agronomi merupakan sub-sistem dari agribisnis yang menyangkut seluruh hubungan dalam produksi tanaman. Dalam konteks itu, sistem produksi suatu jenis tanaman bukan sekedar mencapai kemampuan untuk menghasilkan sebanyak-banyaknya produksi pertanian atau hanya untuk pencapaian suatu target produksi kaksimum, tetapi pilihan tanaman yang dibudidayakan harus memperhatikan daya dukung sumber daya alam, keserasian dan kelestarian, dan yang tidak kalah pentingnya adalah produksi harus berorientasi pada pasar.

BAB II.
SISTEM PERTANIAN
DAN KEBUTUHAN PANGAN

2.1.Sejarah dan Sistem Pertanian di Indonesia

Pertanian sebagai sumber kehidupan manusia dalam percakapan sehari-hari sering disebut dengan **bercocok tanam**. Istilah bercocok tanam dimaksud tidak lain adalah pengertian pertanian dalam arti sempit. Disamping terminologi pengertian pertanian dalam arti sempit, yaitu kegiatan bercocok tanam, terdapat pula pengertian pertanian dalam arti luas sebagai suatu usaha untuk mengadakan ekosistem buatan yang bertugas menyediakan bahan makanan bagi manusia, mencakup bidang tanaman, perikanan, peternakan, dan kehutanan. Bila ada yang bertanya kriteria apa yang digunakan untuk menentukan apakah suatu sumber kehidupan termasuk dalam bidang pertanian?. Pertanyaan sederhana tersebut tidaklah mudah untuk dijawab, tetapi secara umum suatu sumber kehidupan dapat dikatagorikan sebagai bidang pertanian apabila kegiatannya memenuhi **2 (dua) kriteria** berikut, yaitu: (1) dalam proses produksi harus terbentuk bahan-bahan organik yang berasal dari zat-zat anorganik

dengan bantuan tumbuh-tumbuhan (berhijau daun) atau hewan seperti ternak dan ikan, dan (2) adanya usaha untuk memperbaharui proses produksi yang bersifat reproduktif, pelestarian, dan/ atau budidaya. Jika hanya satu dari dua syarat itu yang terpenuhi, maka usaha produksi tersebut belum dapat digolongkan menjadi pertanian. Pengumpulan bahan makanan misalnya umbi-umbian, buah-buahan, ikan, dan hewan dari hutan, sungai atau padang rumput oleh penduduk yang hidupnya nomaden (berpindah-pindah) belum tergolong usaha pertanian, karena usaha reproduktif dan budidaya belum dilakukan. Tetapi apabila pengambilan umbi atau buah atau penangkapan ikan dari laut, sungai, danau, atau empang yang diiringi dengan penjagaan kelestariannya maka kegiatan tersebut dapat digolongkan ke dalam penertian pertanian.

Menurut Kusmiadi (2014), **perkembangan pertanian** dari suatu negara berjalan sesuai dengan tahapan perkembangan masyarakat, mekanisme pasar yang berlaku, perkembangan teknologi, perkembangan ekonomi, dan perkembangan kelembagaan sosial. Proses perkembangan pertanian pada umumnya berkaitan dengan upaya transformasi dari sistem pertanian yang mempunyai produktivitas rendah kepada sistem lebih modern yang mempunyai produktivitasnya relatif tinggi dan yang mungkin menimbulkan dampak sampingan terhadap lingkungan akibat penggunaan teknologi dan asupan (*input*) pertanian modern. Disebutkan bahwa tahapan perkembangan pertanian berdasarkan tingkat kemajuan dan tujuan pengelolaan sektor pertanian terdiri atas 3 tahapan, yaitu:

1. Tahap pertama adalah pertanian tradisional yang dicirikan dengan tingkat produktivitas sektor pertanian yang rendah. Pada tahap ini para petani biasanya menggarap tanah hanya sebatas yang dapat dikelola oleh tenaga kerja keluarga tanpa memerlukan tenaga kerja bayaran. Keadaan lingkungan statis, penggunaan teknologi sangat terbatas, sistem kelembagaan sosial kaku, pasar terpencar-pencar, serta jaringan komunikasi antar daerah pedesaan dan

perkotaan kurang memadai dan cenderung menghambat perkembangan produksi.

2. Tahap kedua adalah tahapan komersialisasi dari produk pertanian mulai dilakukan, tetapi penggunaan teknologi dan modal relatif masih rendah.
3. Tahap ketiga adalah tahap seluruh produk pertanian ditujukan untuk melayani keperluan pasar komersial dengan ciri penggunaan teknologi serta modal yang tinggi dan mempunyai produktivitas yang tinggi pula.

Sistem pertanian (*cropping system*) merupakan pengelolaan komoditas tanaman untuk memperoleh hasil yang diinginkan yaitu berupa bahan pangan, keuntungan finansial, kepuasan batin atau gabungan dari ketiganya. Sistem pertanian di daerah tropika, termasuk Indonesia berbeda dengan daerah subtropis dan daerah beriklim sedang. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan kondisi iklim, jenis tanaman dan keadaan sosial ekonomi petaninya. Klasifikasi sistem pertanian (*cropping system*) di daerah tropis terdapat banyak macam (Ruthenberg, 1971), diantaranya adalah seperti berikut.

2.1.1. Klasifikasi Sistem Pertanian Berdasarkan Tingkat Efisiensi Teknologi dan Tanaman yang Diusahakan.

Berdasarkan tingkat efisiensi teknologi dan tanaman yang diusahakan, sistem pertanian di Indonesia dapat dibedakan menjadi sistem ladang, sistem tegal pekarangan, sistem sawah dan sistem perkebunan. Sistem ladang merupakan sistem pertanian yang paling belum berkembang. Sistem ini merupakan peralihan dari tahap pengumpul ke tahap penanam. Pengolahan tanah minimum sekali, produktivitas berdasarkan pada lapisan humus yang terbentuk dari sistem hutan. Sistem ini hanya akan bertahan di daerah yang berpenduduk jarang, dan sumber tanah tak terbatas. Tanaman yang diusahakan umumnya tanaman pangan, seperti padi, jagung, kacang-kacangan, dan umbi-umbian. Sistem tegal pekarangan berkembang di tanah-

tanah kering, yang jauh dari sumber-sumber air. Sistem ini diusahakan setelah menetap lama, tetapi tingkatan pengusahaan juga rendah, umumnya tenaga kurang intensif dan tenaga hewan masih jarang digunakan. Tanaman-tanaman yang diusahakan terutama tanaman-tanaman yang tahan kekeringan dan pohon-pohonan. Sistem sawah, merupakan teknik budidaya yang tinggi, terutama dalam pengolahan tanah dan pengelolaan air, sehingga tercapai stabilitas biologi yang tinggi dan kesuburan tanah dapat dipertahankan. Ini dicapai dengan sistem pengairan yang sinambung dan drainase yang lambat. Sawah merupakan potensi besar untuk produksi pangan, baik padi maupun palawija. Di beberapa daerah tanaman tebu dan tembakau juga disuahakan di lahan sawah. Sedangkan sistem perkebunan, baik perkebunan rakyat maupun perkebunan besar (*estate)* yang dulu milik swasta asing dan sekarang kebanyakan perusahaan negara, berkembang karena kebutuhan tanaman ekspor seperti karet, kopi, teh dan coklat. Dalam taraf tertentu, pengelolaa sistem perkebunan di Indonesia merupakan yang terbaik, akan tetapi dibandingkan dengan kemajuan di dunia berkembang hal itu masih disarakan ketinggalan.

2.1.2. Klasifikasi Sistem Pertanian di Daerah Tropika

Sistem pertanian di daerah tropika dapat diklasifikasikan menjadi tiga macam, yaitu sistem pertanian pengumpulan hasil tanaman, sistem pertanian untuk makanan ternak dan padang penggembalaan, dan sistem pertanian budidaya tanaman.

2.1.2.1. Sistem Pertanian Pengumpulan Hasil Tanaman.

Sistem pertanian pengumpulan hasil tanaman adalah sistem pertanian yang secara langsung memperoleh hasil tanaman dari tanaman-tanaman yang tidak dibudidayakan. Sistem ini biasanya dijalankan bersamaan dengan sistem

berburu binatang dan menangkap ikan. Sistem ini di Indonesia masih terdapat antara lain di Papua.

2.1.2.2. Sistem Pertanian untuk Padang Penggembalaan dan Peternakan

Klasifikasi sistem pertanian untuk padang penggembalaan dan peternakan dibuat berdasarkan tetap tinggal (*stationariness*) atau tidaknya peternak dan ternaknya dalam satu lokasi tertentu secara permanen. Berdasarkan atar kriteria tersebut, klasifikasi sistem pertanian dibedakan sebagai berikut:

1. Total nomadis, yaitu tidak ada tempat tinggal permanen bagi peternaknya dan tidak ada sistem budidaya tanaman makanan ternak teratur sehingga selalu bergerak.
2. Semi nomadis, yaitu peternak mempunyai tempat tinggal permanen dan di sekitarnya ada budidaya makanan ternak sebagai tambahan, tetapi setelah waktunya lama, ternak dan penggembalaannya bergerak ke daerah-daerah yang berbeda.
3. *Transhuman*, yaitu peternak mempunyai tempat tinggal permanen, tetapi ternaknya dengan bantuan penggembala, mengembara pada daerah penggembalaan yang berpindah-pindah dan jauh letaknya.
4. Parsial nomadis, yaitu peternak tinggal terus menerus pada tempat pemukiman yang tetap dan penggembalaannya hanya pada daerah sekitarnya.
5. Peternakan menetap, yaitu peternak dan ternaknya sepanjang tahun menetap pada lahan tertentu atau desanya sendiri.

2.1.2.3. Sistem Pertanian Budidaya Tanaman

Sistem pertanian budidaya tanaman dapat diklaisifikasikan lagi berdasarkan beberapa ciri-ciri spesifik sebagai berikut:

a. Berdasarkan Tipe Rotasi

Berdasarkan tipe rotasinya sistem pertanian dapat diklasifikasikan menjadi 4 macam, yaitu sistem pertanian dengan rotasi bera secara alami, sistem rotasi dengan makanan ternak (*ley system*), sistem dengan rotasi tegalan (*field system*), dan sistem dengan rotasi tanaman tahunan.

1. Sistem pertanian dengan rotasi bera secara alami.
   Sistem ini merupakan sistem dimana budidaya tanaman dilakukan bergantian dengan bera/dikosongkan (*uncultivated fallow*). Bentuk-bentuk vegetasi yang terdapat pada sistem rotasi bera secara alami dapat berupa yang dominan adalah pohon (*forest fallow*), yang dominan adalah semak (*bush fallow*), yang dominan kayu tahan api dan rumput (*savanna fallow*), atau yang dominan adalah rumput (*grass fallow*).
2. Sistem pertanian rotasi dengan makanan ternak.
   Pada sistem ini lahan ditanami tanaman-tanaman semusim untuk beberapa tahun, setelah itu rumput dibiarkan tumbuh atau ditanami rumput dan atau leguminosa untuk padang penggembalaan. Dalam sistem ini ada *ley system* yang diatur dan *ley system* alami. Pada *ley system* yang diatur, tanaman semusim/pangan dirotasikan dengan tanaman rumput dan atau leguminosa yang dipotong untuk ternak, sedangkan pada *ley system* alami, setelah tanaman semusim dipanen rumput dibiarkan tumbuh alami untuk padang penggembalaan ternak.
3. Sistem pertanian dengan rotasi tegalan.
   Pada sistem pertanian ini tanaman semusim yang satu ditanam setelah tanaman semusim yang lain pada lahan tegalan/lahan kering secara bersiklus. Sebagai contoh, pada musim hujan ditanami padi gogo kemudian setalah itu pada musim kering ditanami jagung. Setalah panen jagung lahan ditanami kembali dengan tanaman semusim lain, bisa padi gogo atau yang lain, demikian seterusnya.
4. Sistem pertanian dengan rotasi tanaman tahunan
   Pada sistem ini tanaman-tanaman tahunan seperti kopi, kakao, kelapa, tebu, teh, dan karet ditanam bergantian

tanaman semusim, padang penggembalaan, tanaman-tanaman tahunan yang lain, atau dibiarkan bera.

b. Berdasarkan Intensitas Rotasi

Dalam mengklasifikasikan sistem pertanian berdasarkan kriteria intensitas rotasi (*rotation intencity*), digunakan terminologi **Intensitas Rotasi (R)** dengan formula R = jumlah tahun lahan ditanami dibagi lama siklus (dalam tahun) dikalikan 100%. Jadi, intensitas rotasi dalam hitungan memakai alat ukuran waktu. Sedangkan siklus yang dimaksud adalah jumlah tahun lahan ditanami ditambah jumlah tahun bera. Misalkan dalam siklus 10 tahun, 2 tahun lahan ditanami dan 8 tahun diberakan maka R = 2/10 x 100 = 20%, atau dalam siklus 20 tahun, 2 tahun lahan ditanami, 18 tahun diberakan maka R = 2/20 x 100 = 10 %. Bila lahan bera 7 tahun dan ditanami 7 tahun, maka R = 7/14 x 100 = 50%. Berdasarkan besaran nilai R tersebut, klasifikasi sistem pertanian dibedakan menjadi:

1. Bila R < 33%, sistem pertanian digolongkan sebagai sistem perladangan (*shifting cultivation*).
2. Bila R kurang dari 60 % tetapi lebih besar dari 33% (33<R< 66), sistem pertanian digolongkan sebagai sistem bera (*uncultivated system*).
3. Bila R > 66 %, sistem pertanian digolongkan sebagai sistem pertanian permanen (*permanent cultivation*).

c. Berdasarkan Intensitas Penanaman

Klasifikasi sistem pertanian berdasarkan intensitas penanaman (*cropping intencity*) atau sering disingkat IP mirip dengan klasifikasi sistem pertanian berdasarkan intensitas rotasi (*rotation intencity*). Bedanya klasifikasi berdasarkan intensitas rotasi menggunakan alat ukur waktu, sedangkan klasifikasi berdasarkan intensitas penanaman menggunakan alat ukur luasan lahan. Intensitas penanaman (IP) atau *cropping intencity index* dihitung dengan rumus: IP = luas areal lahan ditanami dalam setahun (ha) dibagi dengan luas areal lahan total tersedia (ha) dikalikan 100%. Jadi, misalkan luas areal lahan pertanian tersedia 100 ha dan ditanami hanya satu kali dalam setahun

seluas 40 ha, maka IP = 40 /100 x 100 = 40%. Tetapi apabila luas areal lahan pertanian tersedia 100 ha, dalam satu tahun ditanami 2 kali, pertama ditanami 100 ha dan kedua ditanami 40 ha, maka IP = 140/100 x 100 = 140%. Makin besar IP, makin besar persentase areal lahan ditanami (ha) dibanding dengan luas areal total (ha) tiap tahunnya. Pada pertanian permanen, indeks penanaman (IP) lebih besar dari 66% (sebagian besar atau seluruh lahan ditanami lebih dari satu kali dengan sistem pola tanam ganda).

d. Berdasarkan Pola Tanam

Pola tanam (*cropping pattern*) adalah urut-urutan tanam pada sebidang lahan dalam waktu satu tahun, termasuk didalamnya masa pengolahan tanah. Klasifikasi sistem pertanian berdasarkan pola tanam merupakan klasifikasi sistem pertanian yang terpenting di daerah tropis. Pola tanam di daerah tropis, biasanya disusun selama satu tahun dengan memperhatikan curah hujan, terutama pada daerah atau lahan yang sepernuhnya tergantung dari hujan. Pemilihan jenis atau varietas yang ditaman perlu disesuaikan dengan keadaan air yang tersedia ataupun curah hujan. Contoh pola tanam : padi-padi-padi, padi-padi-bera, padi-jagung-bera, padi-kubis-padi, dan lain-lain. Klasifikasi sistem pertanian berdasarkan pola tanam ada 2 macam, yaitu sistem pertanian dengan pola tanam monokultur (*monoculture*) dan pola tanam polikultur (*polyculture*).

a. Pola tanam monokultur (*sole cropping/monoculture/* sistem tanam tunggal)**,** adalah sistem pertanian dengan menanam hanya satu jenis tanaman saja dalam satu periode tanam. Misalnya, sawah ditanami padi saja (monokultur padi), jagung saja (monokultur jagung), atau kedelai saja (monokultur jagung), dan lain-lain.
b. Pola tanam polikultur adalah sistem pertanian yang menanm banyak jenis tanaman pada satu bidang lahan yang terusun dan terencana dengan baik. Pola tanam polikultur terbagi menjadi beberapa macam, yaitu:
    1. Tumpang sari (*multiple cropping)* atau disebut juga dengan pertanaman ganda/campuran adalah salah satu bentuk pertanaman campuran (*polyculture*)

berupa penanaman dua jenis atau lebih tanaman pada satu areal lahan tanam yang sama dalam waktu yang bersamaan atau agak bersamaan. Tumpang sari yang umum dilakukan adalah penanaman dalam waktu yang hampir bersamaan untuk dua jenis tanaman budidaya yang sama, seperti jagung dan kedelai, atau jagung dan kacang tanah.

2. Tumpang sela (*intercropping*) adalah tumpang sari yang dilakukan pada pertanaman tunggal (monokultur) suatu tanaman perkebunan besar atau tanaman kehutanan dimana sewaktu tanaman pokok masih kecil atau belum produktif ditanami tanaman sela setahun seperti jagung atau kedelai, atau tanaman dwitahun (cabai, tomat) atau bahkan tanaman tahunan dengan habitus lebih pendek seperti pisang.
3. Tumpang gilir (*relay cropping*) adalah cara bercocok tanam dimana dalam satu areal lahan yang sama ditanami dengan dua atau lebih jenis tanaman dengan pengaturan waktu panen dan tanam. Tanaman kedua ditanam menjelang panen tanaman musim pertama. Contohnya, tumpang gilir antara tanaman jagung yang ditanam pada awal musim hujan dan kacang tanah yang ditanam beberapa minggu sebelum panen jagung.
4. Pola tanam bergiliran *(sequential cropping*) adalah usaha menumbuhkan dua tanaman atau lebih secara berurutan pada tanah yang sama dalam waktu satu tahun. Dalam *sequential cropping* setiap musim tanam petani hanya mengelola satu jenis tanaman.
5. Tanaman campuran (*mixed cropping*), yaitu menumbuhkan dua tanaman atau lebih secara bersama-sama/serentak dengan tidak memperhatikan jarak tanam atau jarak tanamnya tidak teratur.
6. Tanaman dalam barisan (*row cropping*), yaitu menanam dua tanaman atau lebih secara bersama-sama/serentak dengan jarak tanam tertentu, satu

jenis tanaman atau lebih ditanam dalam barisan tertentu secara teratur.

7. Pertanaman berjalur *(strip cropping*), yaitu menanam dua tanaman atau lebih secara bersama-sama/serentak dengan satu macam tanaman ditanam dalam jalur-jalur tersendiri yang disusun secara berselang-seling. Bila penanaman dilakukan di lahan yang miring (lereng) mengikuti garis kontour disebut dengan pertanaman "sabuk gunung" (*contour cropping*).
8. Pertanaman bertingkat (*multi-storey cropping*), yaitu penanaman dua jenis tanaman atau lebih berbentuk kombinasi antara pohon dengan tanaman lain yang berhabitus lebih pendek. Pertanaman bertingkat yang mengkombinasikan antara pohon berupa tanaman kehutanan dengan tanaman berhabitus pendek berupa tanaman pertanian disebut dengan *agro-forestry*.
9. Sistem surjan *(alternating bed system*), yaitu dua jenis tanaman atau lebih ditanam pada sebidang lahan yang dibentuk menjadi dua ketinggian, bagian yang tinggi (guludan) dan yang rendah (ledokan) secara berselang-seling. Bagian yang tinggi biasanya berfungsi sebagai tegalan sedangkan bagian yang rendah sebagai sawah atau untuk tanaman yang tahan genangan.

e. Berdasarkan Suplai Air

Klasifikasi sistem pertanian berdasarkan suplai air terdapat beberapa macam, yaitu:

1. Sistem pertanian dengan pengairan (*irrigated farming*) adalah sistem pertanian dimana air dapat diatur masuk ke lahan pertanian sesuai kebutuhan tanaman.
2. Sistem pertanian tadah hujan (*rainfed farming*) adalah sistem pertanian yang pengairannya bersumber dari curah hujan sehingga tidak bisa diatur sesuai waktu dan kebutuhan tanaman.
3. Sistem pertanian sawah (lahan basah) (*rice field farming*), yaitu sistem pertanian dibuat berteras serta

digenangi air dan ditanami padi sawah. Sistem pertanian sawah di Indonesia ada 3 maam, yaitu:

a. Sawah irigasi, yaitu sistem pertanian dengan pengairan yang teratur, sumber airnya dapat diperoleh dari sungai, bendungan, waduk, atau danau, sehingga tidak bergantung curah hujan. Pertanian sawah irigasi biasanya panen padi satu sampai dua kali setahun dan pada musim kemarau dapat diselingi dengan tanaman palawija.
b. Sawah tadah hujan, yaitu sawah yang sistem pengairannya mengandalkan curah hujan sehingga hanya mendapatkan air pada saat musim hujan. Sawah tadah hujan pada musim hujan ditanami dengan padi jenis gogo-rancah, sedangkan pada musim kering ditanami palawija, jagung, atau ketela pohon.
c. Sawah pasang surut adalah sawah yang pengairannya tergantung pada keadaan air permukaan yang dipengaruhi oleh kondisi pasang surutnya air sungai. Pada saat pasang sawah tergenang air, sedangkan pada saat surut sawah kering dan ditanami dengan padi. Sawah pasang surut banyak terdapat di Sumatera, Kalimantan, dan Papua.

4. Sistem pertanian lahan kering (*upland farming*), yaitu sistem pertanian dimana lahannya tidak digenangi air dan tanahnya dalam keadaan kering, umumnya di bawah kapasitas lapang.

f. Sistem Pertanian Berdasarkan Tingkat Komersialisasi

Klasifikasi sistem pertanian berdasarkan tingkat komersialisasi atas persentase hasil kotor (gross return) yang dijual dibedakan menjadi:

1. Pertanian subsisten,yaitu sistem pertanian dimana hampir tidak ada produksi pertaniannya yang dijual (penjualan < 20 % dari produksi).
2. Pertanian setengah komersial, yaitu system pertanian dimana lebih kurang 50% dari nilai hasil pertaniannya

dikonsumsi oleh keluarga, dan selebihnya dipasarkan.

3. Pertanian komersial, yaitu system pertyanian dimana lebih dari 50% dari hasil pertaniannya dipasarkan.

2.2. Pangan, Kebutuhan Pangan dan Gizi

2.2.1. Pangan dan Kebutuhan Pangan

Pangan merupakan kebutuhan dasar manusia yang paling essensial untuk tetap dapat bertahan hidup. Pangan adalah sumber gizi dan landasan utama manusia untuk dapat mencapai kesehatan dan kesejahteraan sepanjang kehidupannya. Hak untuk memperoleh pangan merupakan salah satu hak asasi manusia, sebagaimana tercantum dalam pasal 27 UUD 1945 maupun dalam Deklarasi Roma (1996). Sebagai kebutuhan dasar dan salah satu hak asasi manusia, pangan mempunyai arti dan peran yang sangat penting bagi kehidupan suatu bangsa. Ketersediaan pangan yang lebih kecil dibandingkan kebutuhannya dapat menciptakan ketidak-stabilan ekonomi. Berbagai gejolak sosial dan politik dapat juga terjadi jika ketahanan pangan terganggu. Kondisi pangan yang kritis bahkan dapat membahayakan stabilitas nasional dan keutuhan bangsa. Pangan merupakan bahan yang memberikan energi dan zat gizi yang dipengaruhi budaya dan gaya hidup. Tanaman mampu mensintesis pangan secara langsung dari bahan anorganik, sedangkan hewan dan manusia memerlukan pangan yang dihasilkan oleh tanaman

Pengertian pangan menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2012 Tentang Pangan adalah segala sesuatu yang berasal dari sumber hayati produk pertanian, perkebunan, kehutanan, perikanan, peternakan, perairan, dan air, baik yang diolah maupun tidak diolah yang diperuntukkan sebagai makanan atau minuman bagi konsumsi manusia, termasuk bahan tambahan pangan, bahan baku pangan, dan bahan lainnya yang digunakan dalam proses penyiapan, pengolahan, dan/atau pembuatan makanan atau minuman.

Terkait dengan pengertian pangan, terdapat beberapa istilah yang harus dipahami tentang pangan menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2012, yaitu:

1. Kedaulatan pangan (*food soveregnity*) adalah hak negara dan bangsa yang secara mandiri menentukan kebijakan Pangan yang menjamin hak atas Pangan bagi rakyat dan yang memberikan hak bagi masyarakat untuk menentukan sistem pangan yang sesuai dengan potensi sumber daya lokal.
2. Kemandirian pangan (*food resilience*) adalah kemampuan negara dan bangsa dalam memproduksi Pangan yang beraneka ragam dari dalam negeri yang dapat menjamin pemenuhan kebutuhan Pangan yang cukup sampai di tingkat perseorangan dengan memanfaatkan potensi sumber daya alam, manusia, sosial, ekonomi, dan kearifan lokal secara bermartabat.
3. Ketahanan pangan (*food security*) adalah kondisi terpenuhinya pangan bagi negara sampai dengan perseorangan, yang tercermin dari tersedianya pangan yang cukup, baik jumlah maupun mutunya, aman, beragam, bergizi, merata, dan terjangkau serta tidak bertentangan dengan agama, keyakinan, dan budaya masyarakat, untuk dapat hidup sehat, aktif, dan produktif secara berkelanjutan.
4. Keamanan pangan (*food safety*) adalah kondisi dan upaya yang diperlukan untuk mencegah pangan dari kemungkinan cemaran biologis, kimia, dan benda lain yang dapat mengganggu, merugikan, dan membahayakan kesehatan manusia serta tidak bertentangan dengan agama, keyakinan, dan budaya masyarakat sehingga aman untuk dikonsumsi.
5. Produksi pangan (*food production*) adalah kegiatan atau proses menghasilkan, menyiapkan, mengolah, membuat, mengawetkan, mengemas, mengemas kembali, dan/atau mengubah bentuk Pangan.
6. Ketersediaan pangan (*food availability*) adalah kondisi tersedianya pangan dari hasil produksi dalam negeri dan cadangan pangan nasional serta impor

apabila kedua sumber utama tidak dapat memenuhi kebutuhan.

7. Cadangan pangan nasional adalah persediaan pangan di seluruh wilayah negara Kesatuan Republik Indonesia untuk konsumsi manusia dan untuk menghadapi masalah kekurangan Pangan, gangguan pasokan dan harga, serta keadaan darurat.
8. Sistem pangan adalah segala sesuatu yang berhubungan dengan pengaturan, pembinaan, dan/atau pengawasan terhadap kegiatan atau proses produksi pangan dan peredaran pangan sampai dengan siap dikonsumsi manusia.

Jenis pangan dapat dibedakan menjadi pangan segar dan pangan olahan. Pengertian pangan segar adalah pangan yang belum mengalami pengolahan yang dapat dikonsumsi langsung dan/atau yang dapat menjadi bahan baku pengolahan pangan. Misalnya beras, gandum, segala macam buah, ikan segar, dan sebagainya. Sedangkan pangan olahan adalah makanan atau minuman hasil proses dengan cara atau metode tertentu, dengan atau tanpa bahan tambahan. Pangan olahan dapat dibedakan lagi menjadi dua jenis, yaitu pangan olahan tertentu dan pangan siap saji. Pangan olahan tertentu yaitu pangan olahan untuk dikonsumsi bagi kelompok tertentu dalam upaya memelihara dan meningkatkan kualitas kesehatan kelompok tersebut, sedangkan pangan siap saji, yaitu makanan atau minuman yang sudah diolah dan bisa langsung disajikan ditempat usaha atau di luar tempat usaha atas dasar pesanan.

Berdasarkan sumbernya, bahan pangan dapat diklasifikasikan menjadi 2, yaitu bahan pangan nabati dan bahan pangan hewani. Bahan pangan nabati adalah bahan-bahan pangan yang berasal dari tanaman atau produk-produk olahan yang berasal dan berbahan dasar tanaman, contohnya nasi, tahu, tempe, kacang-kacangan, dodol, juice buah, asinan, kripik kentang, dan lain-lain. Sedangkan bahan pangan hewani adalah semua bahan pangan yang berupa atau berasal dari hewan serta produk-produk yang diolah dengan menggunakan bahan dasar dari hewan, contohnya daging

sapi, ikan, daging unggas, telur, sosis, susu, keju, dendeng, dan lain-lain.

Produksi pangan berbahan baku nabati di tingkat *on-farm* seyogyanya memperhatikan aspek keamanan pangan dengan mengikuti pedoman cara budidaya yang baik dan benar (*good agricultural practices/GAP*), seperti mencegah penggunaan lahan dimana lingkungannya mempunyai potensi mengancam keamanan pangan; mengendalikan cemaran biologis, hama dan penyakit hewan dan tanaman yang mengancam keamanan pangan; dan menekan seminimal mungkin residu kimia yang terdapat dalam bahan pangan sebagai akibat dari penggunaan pupuk, obat pengendali hama dan penyakit, bahan pemacu pertumbuhan dan obat hewan yang tidak tepat guna.

Bagi masyarakat Indonesia, pangan dalam arti sempit sering diidentikkan dengan beras, karena beras merupakan makanan pokok utama. Nilai strategis beras disebabkan karena beras tergolong makanan pokok paling penting dan sering menjadi komoditi politis. Industri perberasan memiliki pengaruh yang sangat besar dalam bidang ekonomi, karena selain sebagai sumber utama pemenuhan gizi yang meliputi kalori, protein, lemak dan vitamin, juga pengaruhnya dalam penyerapan tenaga kerja, pertumbuhan dan dinamika ekonomi perdesaan, menjaga tata guna air dan kebersihan udara, dan secara sosial politik perberasan berdampak dalam menjamin kestabilan nasional. Dengan pertimbangan pentingnya beras tersebut, pemerintah Indonesia selalu berupaya untuk meningkatkan ketahanan pangan terutama yang bersumber dari peningkatan produksi dalam negeri. Pertimbangan tersebut menjadi semakin penting karena jumlah penduduknya semakin besar dengan sebaran populasi yang luas dan cakupan geografis yang tersebar. Untuk memenuhi kebutuhan pangan penduduknya, Indonesia memerlukan ketersediaan pangan dalam jumlah mencukupi dan tersebar, yang memenuhi kecukupan konsumsi dan stok nasional sesuai persyaratan operasional logistik yang luas dan tersebar.

Dari sisi konsumsi, pangan merupakan pengeluaran terbesar bagi rumah tangga karena di atas 50% dari jumlah

pengeluaran rumah tangga di Indoenesia adalah untuk pangan. Akibat dari kekurangan pangan dapat menimbulkan berbagai permasalahan penting diantaranya kesehatan rendah, rentan terhadap serangan penyakit, bahkan sampai kematian. Kekurangan pangan muncul dalam bentuk kekuranagan protein, kekurangan vitamin, dan anemia gizi. Pemerintah Indonesia secara sistematis menetapkan kebijakan dalam penyediaan pangan, diantaranya melalui program BIMAS, INMAS, INSUS, dan SUPRA INSUS, peningkatan nilai gizi konsumsi pangan melalui program perbaikan menu makanan rakyat (PMMR) dan penganekaragaman bahan makanan yang bergizi (Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2012 Tentang Pangan). Penyediaan pangan dilakukan dengan mengembangkan sistem produksi pangan yang berbasis sumber daya, kelembagaan dan budaya lokal, mengambangkan efisiensi sistem usaha pangan, mengembangkan teknologi produksi pangan, mengembangkan sarana dan prasarana pangan, serta mempertahankan dan mengembangkan lahan produktif (Peraturan Pemerintah Nomor 68 tahun 2002 tentang Ketahanan Pangan).

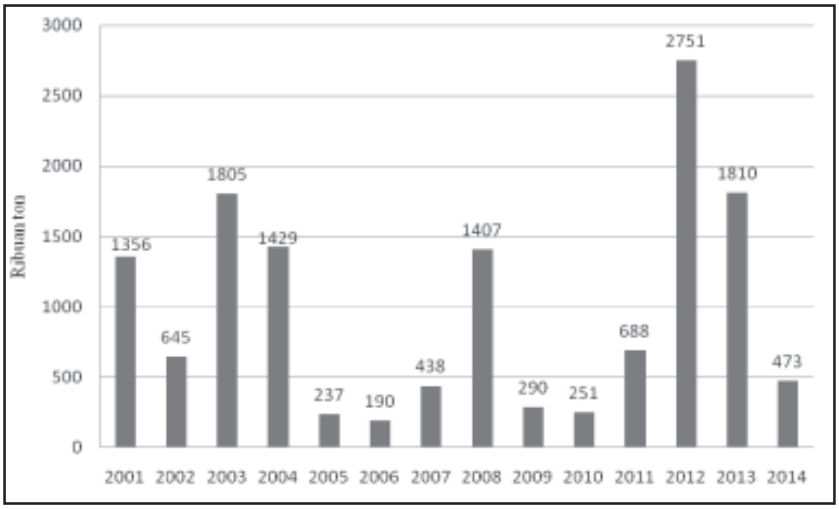
Indonesia adalah salah satu negara yang kaya akan sumber daya alam dan memiliki hampir segala jenis bentuk pangan. Dengan kekayaan alam yang dimiliki, Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki peran penting sebagai produsen bahan pangan di mata dunia. FAO (2015) mempublikasikan Indonesia termasuk 10 negara penghasil beras utama di dunia seperti Tabel 1 berikut. Di Indonesia, provinsi-provinsi yang merupakan penghasil beras terbesar adalah Sumatra Selatan, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, dan Sulawesi Selatan.

Tabel 1. Sepuluh Negara sebagai produsen beras dunia utama dunia

No.	Negara	Produksi (juta ton)	Ekspor (juta ton)	Impor (juta ton)
1.	Cina	206,5	0,4	2,5
2.	India	153,8	11,5	-
3.	Indonesia	70,8	-	0,8
4.	Bangladesh	52,4	-	1,3
5.	Vietnem	45,0	6,5	-
6.	Thailand	34,3	11,0	-
7.	Myanmar	28,9	0,7	
8.	Filipina	18,9	-	1,9
9.	Brasilia	12,1	0,8	0,6
10.	Jepang	10,5	-	0,7

Sumber: Dikutip dari Publikasi FAO (Food and Agriculture Organization) of the United Nations, Rice Market Monitor, Volume XVIII Issue No. 2, July 2015.

Meskipun Indonesia adalah negara terbesar ketiga yang memproduksi beras terbanyak di dunia, tetapi Indonesia masih tetap merupakan negara importir beras. Impor tersebut terutama dari Vietnam, Thailand, India, Pakistan, dan Myanmar. Volume impor beras Indonesia dari tahun 2000-2013 seperti pada Gambar 1, sedangkan perimbangan antara produksi dan impor beras nasional seperti pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2, selama periode 2005-2014 rata-rata impor beras Indonesia 921 ribu ton/tahun atau sekitar 2,2% dari total kebutuhan. Situasi ini disebabkan oleh beberapa hal seperti laju alih fungsi lahan yang tinggi, konsumsi beras per kapita masyaraat Indonesia yang tinggi (140 kg/kapita/tahun), petani masih menggunakan teknik-teknik pertanian yang tidak optimal, ketersediaaan air irigasi yang tidak memedai, iklim tidak menentu, dan lain-lain.



Gambar 1. Perkembangan jumlah impor beras Indonesia dari tahun 2000-2013 (BPS, 2015).

Tabel 2. Produksi dan impor beras Indonesia dari tahun 2005-2014 (BPS, 2015).

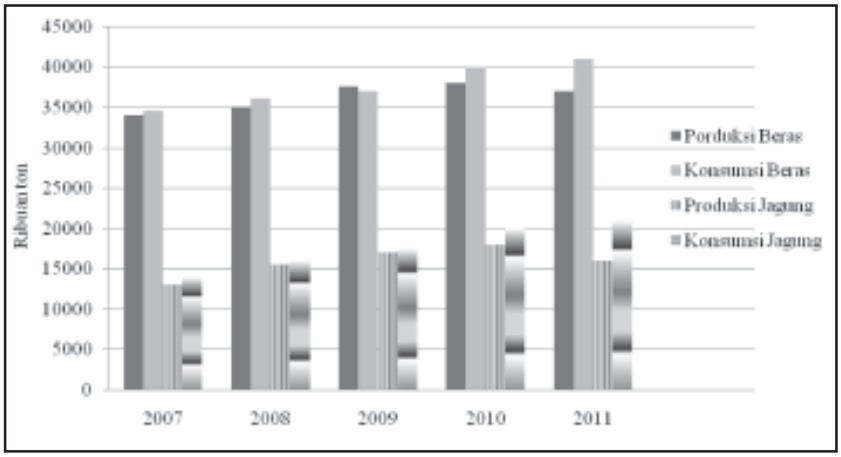
Tahun	Padi (ribu ton)	Beras (ribu ton)	Kebutuhan (ribu ton)	Impor (ribu ton)
2005	54.151	33.574	33.764	190
2006	54.455	33.762	34.200	4.38
2007	57.157	35.437	36.833	1.396
2008	60.326	37.402	37.691	289
2009	64.399	39.927	40.177	250
2010	66.469	41.211	41.899	688
2011	65.757	40.769	43.513	2.744
2012	68.956	42.753	44.681	1.928
201[illegible]	[illegible]80	44.194	44.667	473
2014	70.832	43.916	44.731	815

Sumber: BPS (2015)

Beberapa faktor yang menyebabkan kerentanan terhadap kerawanan pangan terutama disebabkan olehh angka kemiskinan yang masih tinggi, tidak ada akses listrik, kasus underweight pada balita masih tinggi, tidak ada akses jalan untuk kendaraan roda empat, tidak ada sumber air bersih, dan rasio konsumsi normatif per kapita terhadap ketersediaan serealia masih meningkat. Di samping itu, bencana alam yang masih berlanjut dalam skala luas di berbagai wilayah, serta daya dukung alam untuk menghasilkan produk pangan yang cenderung terus berkurang dan rentan terhadap berbagai macam perubahan, senantiasa mengancam masyarakat Indonesia ke arah kekurangan pangan.

Selain beras, BPS (2015) merilis bahwa Indonesia juga mengimpor beberapa bahan pangan lainnya seperti **Jagung dengan volume** impor: 2,8 milyar kg dari India, Brasil, Argentina, Thailand, dan Paraguay, kedelai dengan volume 1,62 milyar kg dari Amerika Serikat, Argentina, Malaysia, Paraguay, dan Uruguay, **gula pasir dengan** volume impor 75,8 juta kg dari Thailand, Malaysia, Australia, Korea Selatan, dan Selandia Baru, daging sapi dengan volume impor: 41,5 juta kg dari Australia, Selandia Baru, Amerika Serikat, dan Singapura, garam dengan **v**olume impor: 1,85 milyar kg dari Australia, India, Selandia Baru, Jerman, dan Denmark. Perimbangan produksi dan konsumsi beras dan jagung di Indonesia seperti pada Gambar 2.

Belum seimbangnya pola konsumsi pangan masyarakat Idnonesia menyebabkan ketergantungan terhadap produksi padi/beras sangat tinggi. Hardinsyah *et al*. (2012) menyatakan bahwa pola konsumsi pangan masyarakat Indonesia masih dominan pada kelompok padi-padian (kelebihan sampai 39,4 gram/kapita/hari dibandingkan standar FAO). Demikian pula halnya dengan kelompok minyak dan lemak (2,6 gram/kapita/hari). Defisit sangat besar terjadi pada kelompok umbi-umbian (61,2 gram/kapita/hari), pangan hewani (57,8 gram/kapita/hari) dan kelompok sayur serta buah yang mencapai 38,6 gram/kapita/hari

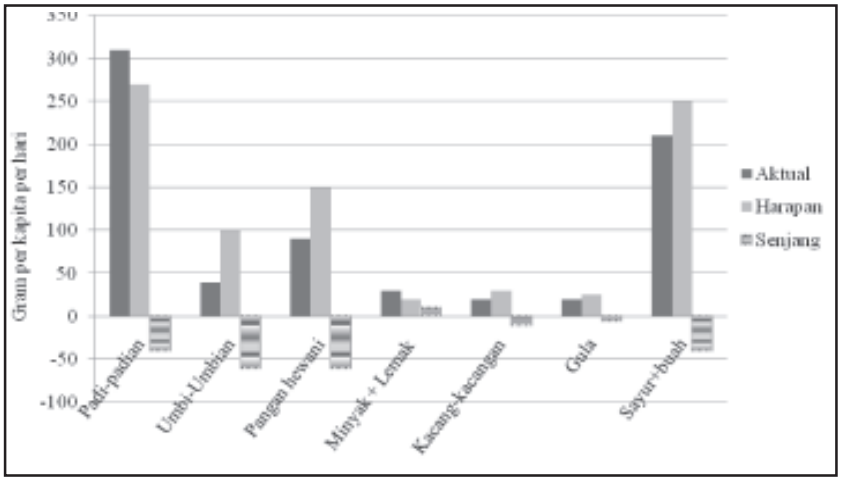


Gambar 2. Produksi dan konsumsi beras dan jagung di Indonesia dari tahun 2007-2011 (Statistik Konsumsi Pangan, 2012)

(Gambar 3). Oleh karena itu, untuk mengurangi keterandtungan pada beras, konsumsi kelompok umbi-umbian perlu ditingkatkan. Dalam rangka mendorong konsumsi pangan lokal (umbi-umbian) sebagai sumber karbohidrat perlu dilakukan secara sinergis penanganan di sisi produksi dan ketersediaan pangan berbasis sumberdaya lokal dan sisi permintaan melalui sosialisasi, edukasi dan advokasi tentang pentingnya konsumsi beragam, bergizi, seimbang dan aman.

Fungsi pangan yang utama bagi manusia adalah untuk memenuhi kebutuhan zat-zat gizi, sesuai dengan jenis kelamin, usia, aktivitas fisik dan non fisik, dan bobot tubuh. Fungsi pangan dapat dikelompokkan menjadi 3 macam, yaitu:

1. Fungsi primer (*primary function*), yaitu fungsi makanan/ pangan yang paling utama dan wajib dipenuhi oleh setiap manusia untuk memenuhi kebutahan zat-zat gizi tubuh.
2. Fungsi sekunder (*secondary function*), yaitu pangan dengan penampakan dan cita rasa yang baik. Fungsi sekunder tidak kalah pentingnya, karena tingginya kandungan gizi suatu bahan pangan akan ditolak oleh konsumen bila penampakan dan cita rasanya tidak menarik atau tidak memenuhi selera konsumennya.



Gambar 3. Pola Konsumsi Pangan Harapan dan Kenyataan (gram/ kapita/hari)
(Sumber: Hardinsyah *et al*, 2012)

Terkait dnegan fungsi sekunder ini kemasan dan cita rasa menjadi faktor penting dalam menentukan apakah suatu bahan pangan diterima atau tidak oleh masyarakat konsumen.

3. Fungsi tersier (*tertiary function*), yaitu pangan yang mempunyai fungsi fisiologis tertentu di dalam tubuh. Fungsi ini berkaitan dengan semakin meningkatnya kesadaran masyarakat akan pentingnya hidup sehat dan tuntutan konsumen terhadap bahan pangan juga kian bergeser. Bahan pangan yang kini mulai banyak diminati konsumen bukan saja yang mempunyai komposisi gizi yang baik serta penampakan dan cita rasa yang menarik, tetapi juga harus memiliki fungsi fisiologis tertentu bagi tubuh, seperti menurunkan tekanan darah, menurunkan kadar kolesterol, menurunkan kadar gula darah, meningkatkan penyerapan kalsium, dan lain-lain

Semakin tinggi tingkat kemakmuran dan kesadaran seseorang terhadap kesehatan, maka tuntutan terhadap ketiga fungsi bahan pangan tersebut akan semakin tinggi pula. Tuntutan terhadapa makanan tidak lagi sekedar

memenuhi kebutahan dasar tubuh (bergizi dan lezat), melainkan juga dapat bersifat fungsional. Dari sinilah muncul di kalangan masayarakat dunia tentang konsep pangan fungsional (*functional foods*). Fenomena pangan fungsional telah melahirkan paradigma baru bagi perkembangan ilmu dan teknologi pangan, yaitu dilakukannya berbagai modifikasi produk olahan pangan. Menurut konsensus pada The First International Conference on East-West Perspective on Functional Foods tahun 1996, pangan fungsional adalah pangan yang kandungan komponen aktifnya bisa memberikan manfaat bagi kesehatan, di luar manfaat yang diberikan oleh zat-zat gizi yang terkandung di dalamnya. Makanan fungsional memiliki 3 fungsi, yaitu sumber gizi (*nutrisi*), pemberi cita rasa dan aroma, dan penyuplai senyawa aktif untuk mencegah ataupun mengobati penyakit.

2.2.2. Gizi

Gizi merupakan zat atau senyawa yang terdapat dalam pangan yang terdiri atas karbohidrat, protein, lemak, vitamin dan mineral, serta turunannya yang bermanfaat bagi pertumbuhan dan kesehatan manusia. Kebutuhan pangan manusia yang sebenarnya tidak mudah untuk ditentukan. Nilai gizi dari pangan harus dibahas dalam istilah-istilah kimia dan satuan energy.

Bahan kimia yang dibutuhkan manusia mencakup bahan anorganik (air dan unsur-unsur mineral tertentu) dan bahan-bahan organik (asam-asam amino, asam-asam lemak,dan vitamin yang merupakan faktor penyerta). Zat gizi yang tidak dapat disintesis dari komponen lain dalam diet (makanan), dipandang sebagai zat gizi esensial. Kekurangan dari salah satu zat gizi esensial biasnya mengakibatkan gejala fisiologis tertentu, pada anak-anak adalah pertumbhan yang kurang. Zat gizi esensial umumnya tidak dikonsumsi dalam bentuk murni, tetapi sebagai bagian dari pangan (Harjadi, 1996).

Zat gizi memiliki bermacam-macam fungsi, yaitu; (1) penghasil energi tubuh, dimana aat makanan yang

dikonsumsi oleh sistem pencernaan tubuh kemudian diolah sedemikian rupa hingga menghasilkan energi. Dengan adanya energi, maka manusia dapat untuk melakukan berbagai macam aktifitas atau kegiatan sehari-hari. Adapaun zat-zat penghasil energi adalah lemak, karbohidrat, dan protein; (2) Pembentuk sel jaringan tubuh. Adapun zat gizi pembentuk sel jaringan tubuh adalah protein, air, dan mineral. Ketiga zat tersebut secara bersama-sama akan diolah oleh organ tubuh sampai terbentuk sel jaringan tubuh baru khususnya sebagai pengganti jaringan yang rusak; dan (3) Pengatur fungsi reaksi biokimia yang ada dalam tubuh (stimulansia). Supaya fungsi dan reaksi biokimia yang ada dalam tubuh dapat berjalan dengan baik dan cepat, maka tubuh memerlukan berbagai jenis zat sebagai stimulansia dalam proses tersebut. Zat vitamin yang dapat membantu dalam proses reaksi biokimia pada tubuh sampai berjalan dengan baik.

Zat gizi utama yang dibutuhkan oleh tubuh adalah karbohidrat, protein dan lemak. Zat-zat gizi tersebut terutama dibutuhkan untuk metabolisme, membangun dan memperbaiki sel-sel tubuh, dan untuk mendapatkan energi. Selain zat gizi utama tadi, tubuh juga memerlukan mineral dan vitamin untuk mengatur cairan (elektrolit) tubuh, pertumbuhan tulang, pembentukan sel-sel darah, membantu proses metabolisme dan membentuk hormon/ enzim. Kebutuhan zat gizi secara spesifik dapat dikemukakan dalam istilah zat gizi esensial, tetapi masyarakat secara luas lebih mengenal dalam klasifikasi lebih luas, yaitu karbohidrat, protein, lemak, vitamin dan mineral.

2.2.2.1. Karbohidrat

Karbohidrat merupakan senyawa yang tersusun atas unsur karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O). Karbohidrat merupakan bagian terbesar dari tanaman. Dari berbagai jenis karbohidrat yang ada pada tanaman, yang terpenting adalah gula (*sugars*), pati (*starches*), dan berbagai selulosa. Pangan hewani hanya mengandung karbohidrat dalam jumlah kecil, kecuali susu yang mengandung gula laktosa. Berbagai jenis

makanan yang banyak mengandung karbohidrat antara lain beras, jagung, kentang, ubi kayu, dan ubi jalar. Dalam susunan menu orang indonesia umumnya terdapat karbohidrat sekitar 70-80%. Dalam nutrisi pada manusia setiap 1 gram karbohidrat dapat menghasilkan energi sekitar 4 kalori. Kebutuhan energi tersebut berbeda untuk setiap orang, antara lain dipengaruhi jenis kelamin, umur, dan jenis pekerjaan.

Karbohidrat memiliki berbagai fungsi dalam tubuh makhluk hidup, terutama sebagai bahan bakar (misalnya glukosa), cadangan makanan (misalnya pati pada tumbuhan dan glikogen pada hewan), dan materi pembangun (misalnya selulosa pada tumbuhan, kitin pada hewan dan jamur). Pada proses fotosintesis, tumbuhan hijau mengubah karbon dioksida menjadi karbohidrat.

Karbohidrat dibedakan atas monosakarida, disakarida, oligosakarida, dan polisakarida. Monosakarida merupakan karbohidrat paling sederhana karena molekulnya hanya terdiri atas beberapa atom karbon dan tidak dapat diuraikan dengan cara hidrolisis menjadi karbohidrat lain. Monosakarida dibedakan menjadi aldosa dan ketosa. Contoh dari aldosa yaitu glukosa dan galaktosa, sedangkan contoh ketosa yaitu fruktosa. Disakarida merupakan karbohidrat yang terbentuk dari dua molekul monosakarida yang berikatan melalui gugus –OH dengan melepaskan molekul air. Contoh dari disakarida adalah sukrosa, laktosa, dan maltosa. Oligosakarida adalah polimer derajat polimerisasi 2 sampai 10 dan biasanya bersifat larut dalam air. Oligosakarida yang terdiri dari 2 molekul disebut disakarida, dan bila terdiri dari 3 molekul disebut triosa. Sukrosa terdiri dari molekul glukosa dan fruktosa, maltosa terdiri dari 2 molekul glukosa, dan laktosa terdiri dari molekul glukosa dan galaktosa. Polisakarida merupakan polimer molekul-molekul monosakarida yang dapat berantai lurus atau bercabang dan dapat dihidrolisis dengan enzim-enzim yang spesifik kerjanya. Polisakarida merupakan karbohidrat yang terbentuk dari banyak sakarida sebagai monomernya, contohnya selulosa, glikogen, dan amilum. Rumus umum polisakarida yaitu $C_6(H_{10}O_5)_n$.

2.2.2.2. Lemak

Lemak adalah ester dari asam organik berantai panjang dan alkohol (gliserol). Lemak berisi unsur karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O), tetapi berbeda dengan karbohidrat kandungan oksigennya sangat sedikit. Terdapat dua macam sumber lemak secara umum, yaitu lemak nabati dan lemak hewani. Sumber lemak nabati antara lain margarine, kemiri, dan minyak kelapa, sedangkan sumber lemak hewani antara lain susu, daging, dan keju. Dalam tubuh, lemak dapat menghasilkan energi sebesar 9,3 kalori. Lemak juga dapat berperan sebagai pelarut vitamin A, D, E, K. Lemak tidak larut dalam air, perlu dicerna agar dapat digunakan dalam tubuh, dan pencernaan memisahkan lemak dengan gliserolnya. Lemak memenuhi fungsi dasar bagi manusia, yaitu menjadi cadangan energi dalam bentuk sel lemak, tiap 1 gram lemak menghasilkan 39.06 kjoule atau 9,3 kcal; lemak mempunyai fungsi seluler dan komponen struktural pada membran sel yang berkaitan dengan karbohidrat dan protein demi menjalankan aliran air, ion dan molekul lain, keluar dan masuk ke dalam sel; lemak menopang fungsi senyawa organik sebagai penghantar sinyal, seperti pada prostaglandin dan steroid hormon dan kelenjar empedu; lemak menjadi suspensi bagi vitamin A, D, E dan K yang berguna untuk proses biologis, dan lemak berfungsi sebagai penahan goncangan demi melindungi organ vital dan melindungi tubuh dari suhu luar yang kurang bersahabat. Lemak juga merupakan sarana sirkulasi energi di dalam tubuh dan komponen utama yang membentuk membran semua jenis sel.

2.2.2.3. Protein

Protein merupakan senyawa organik kompleks berbobot molekul tinggi, merupakan polimer dari monomer asam amino yang dihubungkan satu sama lain dengan ikatan peptida. Molekul protein mengandung karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N) dan kadang kala sulfur (S) serta fosfor (P). Asam amino sebagai satuan dasar dari protein disintesis dalam tanaman dari fragmen karbohidrat dan unsur nitrogen dari ion ammonium (NH4). Kebanyakan

protein merupakan enzim atau subunit enzim. Jenis protein lain berperan dalam fungsi struktural atau mekanis, misalnya protein yang membentuk batang dan sendi sitoskeleton. Protein terlibat dalam sistem imun sebagai antibodi, sistem kendali dalam bentuk hormon, sebagai komponen penyimpanan (dalam biji) dan juga dalam transportasi hara. Sebagai salah satu sumber gizi, protein berperan sebagai sumber asam amino bagi organisme heterotrof, yaitu organisme yang tidak mampu membentuk asam amino.

Protein terdiri atas 2 macam, yaitu protein hewani dan protein nabati. Protein hewani merupakan protein yang berumber dari hewan. Sumber protein hewani misalnya ikan, keju, telur, dan susu. Sedangkan protein nabati adalah protein yang bersumber dari tumbuhan. Sumber protein nabati adalah tahu, tempe, kacang-kacangan, dan sebagainya. Kebutuhan protein berbeda untuk setiap orang. Orang dewasa setidaknya membutuhkan protein sekitar 1 gram setiap hari untuk setaip kilogram berat badan. Remaja membutuhkan protein sekitar 1 gram/kg berat badan, anak yang berumur 6-12 tahun membutuhkan protein sekitar 2 gram/kg berat badan, sedangkan bayi membutuhkan protein sekitar 3 gram/kg berat badan. Kekurangan protein pada masa kanak-kanak dapat menimbulkan sindrom defisiensi (kekurangan) yang dicirikan oleh penghambatan pertumbuhan. Protein disebut bermutu tinggi bila mensuplai keseimbangan asam asam amino esensial secara baik, dan keseimbangan ini diperlukan dalam waktu bersamaan.

2.2.2.4. Vitamin

Vitamin adalah sekelompok senyawa organik berbobot molekul kecil, memiliki fungsi vital dalam metabolisme setiap organisme untuk dapat tumbuh dan berkembang secara normal. Vitamin merupakan komponen gizi yang sangat penting bagi tubuh, dapat membantu memperlancar proses metabolisme tubuh, akan tetapi tidak dapat menghasilkan energi.

Sampai saat ini telah dikenal beberapa jenis vitamin, antara lain vitamin A, C, D, E, K, dan B

(tiamin, riboflavin, niasin, asam pantotenat, biotin, vitamin B6, vitamin B12, dan folat). Berdasarkan kalarutannya, vitamin dapat dibagi menjadi 2 macam, yaitu vitamin yang dapat larut dalam air dan vitamin yang dapat larut dalam lemak. Vitamin yang dapat larut dalam air yaitu vitamin C dan B, sedangkan vitamin yang dapat larut dalam lemak adalah vitamin A, D, E, dan K. Walau memiliki peranan yang sangat penting, tubuh hanya dapat memproduksi vitamin D dan K dalam bentuk provitamin yang tidak aktif. Sumber berbagai vitamin ini dapat berasal dari makanan, seperti buah-buahan, sayuran, dan suplemen makanan seperti pada Tabel 3. (Sullivan, 2002).

Tabe 3. Jenis, sumber, nama biokimia dan tahun penemuan vitamin

Nomor	Nama Vitamin	Nama biokimia	Sumber Ditemukan	Tahun penemuan
1.	Vitamin A	Retinol	Wortel, telur, kangkung, susu	1909
2.	Vitamin B_1	Tiamin	Susu	1912
3.	Vitamin C	Asam askorbat	Jeruk sayuran, pepaya	1912
4.	Vitamin D	Kalsiferol	Keju, ikan, susu, kuning telur	1918
5.	Vitamin B_2	Riboflavin	Telur	1920
6.	Vitamin E	Tokoferol	Gandum sayuran hijau, susu, kuning telur, daging	1922
7.	Vitamin B_{12}	Sianokobalamin	Telur	1926
8.	Vitamin K	Filokuinona	Kuning telur, bayam, hati, bunga kol	1929
9.	Vitamin B_5	Asam pantotenat	Susu	1931
10.	Vitamin B_7	Biotin	Hati	1931
11.	Vitamin B_6	Piridoksin	Kacang	1934
12.	Vitamin B_3	Niasin	Ragi	1936
13.	Vitamin B_9	Asam folat	Hati	1941

Sumber: Sullivan (2002)

Walaupun tubuh membutuhkan vitamin dalam jumlah yang tidak terlalu banyak, namun keberadaan vitamin sangat penting. Dari sisi enzimologi (ilmu tentang enzim), vitamin adalah kofaktor dalam reaksi kimia yang dikatalisasi oleh enzim. Vitamin memiliki peranan spesifik di dalam tubuh dan dapat pula memberikan manfaat kesehatan. Tubuh manusia hanya memerlukan vitamin dalam jumlah sedikit, tetapi jika kebutuhan tidak cukup maka metabolisme tubuh akan terganggu karena fungsinya tidak dapat digantikan oleh senyawa lain. Gangguan kesehatan ini dikenal dengan istilah avitaminosis Contohnya, bila kekurangan vitamin A maka kita akan mengalami kerabunan. Tanda-tanda kekurangan vitamin adalah pertumbuhan badan menjadi terhambat, tidak ada nafsu untuk bekerja, dan badan menjadi lesu. Namun, asupan vitamin tidak boleh berlebihan karena dapat menyebabkan gangguan metabolisme pada tubuh.

Selain vitamin, tubuh juga memproduksi senyawa lain yang juga berperan dalam kelancaran metabolisme serta memiliki karakteristik dan aktivitas yang mirip dengan vitamin sehingga seringkali disebut dengan istilah senyawa serupa vitamin. Beberapa senyawa yang sering disebut sebagai senyaea serupa vtamin antara lain kolina, miooinositol, asam para-aminobenzoat, dan karnitina. Kolina dapat ditemukan di setiap sel mahluk hidup dan berperan dalam pengaturan sistem saraf yang baik dan beberapa metabolisme sel. Mioinositol (*myoinositol*) juga termasuk dalam golongan senyawa serupa vitamin yang larut dalam air, peranannya dalam tubuh secara spesifik belum diketahui. Asam para-aminobenzoat (*4-aminobenzoic acid*, PABA) berperan sebagai senyawa antioksidan dan penyusun sel darah merah. Sedangkan karnitina merupakan senyawa lain yang berperan dalam sistem transportasi asam lemak dan pembentukan otot tubuh. Perbedaan utama senyawa serupa vitamin dengan vitamin adalah senyawa surupa vitamin diproduksi tubuh dalam jumlah yang cukup untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Beberapa senyawa ini pernah diklasifikasikan ke dalam kelompok vitamin B kompleks karena kemiripan fungsi dan sumber makanannya.

Akan tetapi, secara umum peranan senyawa serupa vitamin ini tidaklah sepenting vitamin.

2.2.2.5. Mineral

Seperti halnya protein dan vitamin, tubuh manusia juga membutuhkan asupan mineral yang cukup supaya keseimbangan dan kesehatan tubuh tetap terjaga. Mineral (garam-garam) adalah suatu bahan atau zat yang homogen mempunyai komposisi kimia tertentu atau dalam batas-batas dan mempunyai sifat-sifat tetap, dibentuk di alam dan bukan hasil suatu kehidupan, sedangkan menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, mineral adalah zat organik yang dalam jumlah tertentu diperlukan oleh tubuh untuk proses metabolisme normal yang diperoleh melalui makanan sehari-hari.

Seperti halnya vitamin, mineral dibutuhkan oleh dalam jumlah sedikit. Walaupun begitu, kebutuhan mineral sangatlah penting. Kebutuhan mineral ini harus dipenuhi oleh asupan dari luar tubuh terutama dari berbagai makanan dan minuman yang dikonsumsi. Berdasarkan kebutuhannya di dalam tubuh, mineral dibedakan menjadi dua jenis, yaitu mineral makroelemen dan makroelemen. Jenis makroelemen merupakan mineral yang dibutuhkan oleh tubuh dalam jumlah yang cukup besar, contohnya kalsium, kalium, natrium, magnesium, belerang, fosfor dan klor. Sedangkan mikroelemen merupakan jenis mineral yang dibutuhkan oleh tubuh dalam jumlah yang kecil atau kebutuhannya tidak sebanyak dalam makroelemen. Contoh beberapa jenis mineral ini misalnya kolbat, molibdenum, mangan, zat besi dan selenium.

2.3. Pertanian dalam Perekonomian Nasional

Indonesia merupakan negara agraris, sehingga sebagian besar rakyat indonesia bermata pencarian sebagai petani. Sektor pertanian mencakup sub sektor tanaman bahan makanan, tanaman perkebunan, peternakan, kehutanan dan perikanan. Sampai saat ini sektor pertanian masih

termasuk sektor andalan dalam membentuk perekonomian nasional, sekalipun peranannya sejak satu decade terakhir cenderung semakin mengecil.

Semua usaha pertanian pada dasarnya adalah kegiatan ekonomi sehingga memerlukan dasar-dasar pengetahuan ekonomi mulai dari hulu sampai ke hilir, seperti pengelolaan tempat usaha, pemilihan benih/bibit, metode budidaya, panen dan pasca panen, pengolahan hasil, pengemasan produk, distribusi produk, dan pemasaran. Bisnis di bidang usaha pertanian atau bidang lain yang mendukungnya untuk memperoleh keutungan maksimum, baik di sektor hulu maupun di hilir, disebut dengan agribisnis.

Indonesia merupakan negara yang subur dan kaya akan sumber daya alam dengan keakeragaman sumberdaya hayati (*biodiversity*) yang melimpah. Sektor pertanian mempunyai peranan yang penting dan strategis dalam pembangunan nasional. Pentingnya peranan ini menyebabkan bidang ekonomi diletakkan pada pembangunan ekonomi dengan titik berat sektor pertanian. Disamping itu, bila dibandingkan dengan negara-negara lain di dunia, sektor pertanian Indonesia mempunyai keunggulan komperatif, karena Indonesia terletak di daerah khatulistiwa dengan musim hujan dan kemarau yang memungkinkan dapat melaksankan kegiatan pertanian sepanjang tahun serta lokasi Indonesia di khatulistiwa maka tanaman cukup memperoleh sinar matahari untuk keperluan fotosintesisnya didukung dengan curah hujan yang umumnya cukup memadai. Peranan sektor pertanian pada pembangunan ekonomi, yaitu menghasilkan bahan pangan dan bahan baku industri, menghasilkan komoditas ekspor sehingga menambah devisa Negara, pengentasan kemiskinan, penciptaan lapangan kerja, pemerataan pendapatan, dan yang tidak kalah pentingnya adalah menjaga dan memelihara fungsi lingkungan hidup (multifungsi lahan pertanian) dan nilai-nilai budaya.

Pembangunan pertanian diarahkan untuk meningkatkan produksi pertanian guna memenuhi kebutuhan pangan dan kebutuhan industri dalam negeri, meningkatkan ekspor,

meningkatkan pendapatan petani, memperluas kesempatan kerja, dan mendorong pemerataan kesempatan berusaha. Dengan begitu penting dan strategisnya peranan sektor pertanian, maka pemerintah Indoensia berusaha untuk mengoptimalkan sektor pertanian dengan cara mengembangkan hasil pertanian, mengembangkan pangsa pasar hasil pertanian, dan mengembangkan faktor produksi pertanian. Untuk mencapai hal tersebut, langkah kebijakan yang diterapkan meliputi usaha intensifikasi, ekstensifikasi, diversifikasi dan rehabilitasi, yang intinya tercakup dalam pengertian Trimatra Pembangunan Pertanian yaitu kebijakan usaha tani terpadu, komoditi terpadu dan wilayah terpadu. Pembangunan pertanian harus juga memperhatikan tiga komponen dasar yang harus dibina, yaitu petani, komoditi hasil pertanian, dan wilayah pembangunan lokasi kegiatan pertanian berlangsung. Pembinaan terhadap petani diarahkan untuk menghasilkan peningkatan pendapatan petani, pengembangan komoditi hasil pertanian diarahkan untuk menghasilkan bahan pangan, bahan ekspor dan bahan baku bagi industri, sedangkan pembinaan terhadap wilayah pertanian bertujuan untuk menunjang pembangunan wilayah seutuhnya sehingga tidak terjadi ketimpangan antar wilayah (Renstra Kementan 2014-2019).

Salah satu fungsi penting sektor pertanian yang belum banyak digali adalah fungsi yang terkait dengan keanekaragaman hayati. Fungsi ini penting mengingat di masa depan diperkirakan industri yang berbasis bioresource seperti farmasi, kesehatan, pangan, pertanian, kosmetika dan biomaterial akan mengalami kemajuan pesat. Dalam kaitan tersebut, sektor pertanian memegang peranan penting sebagai penyedia bahan baku untuk industri bioresources. Dengan disertai pengetahuan dan teknologi yang memadai, di masa depan industri ini dapat menjadi salah satu industri yang potensial. Sumber daya hayati yang berbasis pertanian ini juga penting sebagai penyedia bahan baku alternatif untuk mempertahankan ketahanan pangan disamping sumber-sumber pangan yang telah dikenal selama ini. Sebagai contoh beberapa komoditas pertanian yang potensial untuk dikembangkan untuk mempertahankan

ketahanan pangan adalah aren untuk memenuhi kebutuhan gula nasional, dan juga beraneka jenis umbi-umbian lokal. Sementara itu, untuk daerah pesisir dapat dikembangkan kecondang/umbi empu (taca leontopetaloides) sebagai alternatif bahan pangan pokok. Untuk industri farmasi, sumber daya pertanian Indonesia menyediakan berbagai keanekaragaman hayati yang memadai seperti anggrek mutiara yang diiduga dapat dimanfaatkan sebagai obat penangkal radikal bebas, tanaman begonia yang dapat dimanfaatkan untuk obat limpa dan batuk, pakis, kentang hitam serta bambu yang banyak memberi manfaat pengobatan dan juga untuk produk-produk kosmetik. Kekayaan hayati sektor pertanian juga berkontribusi dalam penyediaan bahan-bahan herbal yang saat ini banyak dipakai sebagai salah satu alternatif untuk pengobatan berbagai penyakit.

Pembangunan pada umumnya bertujuan untuk mensejahterakan masyarakat, dan pembangunan pertanian bertujuan untuk mensejahterakan petani. Inti upaya mensejahterakan petani adalah memberdayakan (*empowerment*) petani dengan membuat pertanian dan petani maju, antara melalui *employment shifting* (mengurangi jumlah petani gurem), meningkatkan pendapatan petani dengan harga-harga barang kebutuhan yang tetap, peningkatan nilai tambah, daya saing, dan ekspor produk pertanian, peningkatan diversifikasi pangan, pemerintah memberikan apresiasi/penghargaan kepada petani yang mempraktekkan pola pertanian ramah lingkungan, revitalisasi penyuluhan pertanian untuk mengembalikan fungsi dan peran penyuluhan sebagai ujung tombak pembangunan pertanian yaitu sebagai penerus informasi dan perkembangan inovasi teknologi pertanian kepada petani serta melakukan pembinaan, bimbingan, dan pendampingan kepada petani.

BAB III.
KLASIFIKASI TANAMAN, FAKTOR LINGKUNGAN, DAN ALIRAN ENERGI DALAM PERTANIAN

3.1. Penamaan dan Klasifikasi Tanaman

Penamaan dan k**lasifikasi** tanaman merupakan bagian dari ilmu taksonomi tumbuhan, yaitu ilmu yang mempelajari penelusuran, pendeskripsian (pemerian), penyimpanan contoh, identifikasi, karakterisasi, penamaan, dan pengelompokan (klasifikasi) tumbuhan.

3.1.1. Penamaan Tanaman

"Apalah arti sebuah nama" begitulah ungkapan yang sangat popular yang dikemukakan oleh William Shakespeare, seorang pujangga asal Inggris yang hidup pada abad ke 16. Shakespeare menganggap bahwa nama seseorang tidaklah penting, yang penting adalah apa yang telah diperbuat oleh seseorang untuk kebaikan dunia dan akhirat. Namun, dengan kemajuan jaman rupanya banyak yang tidak setuju karena nama sangat penting untuk memudahkan berkomunikasi. Kegiatan membicarakan benda-benda konkrit atau hal-hal yang abstrak sangatlah

sulit dilakukan bila tanpa nama. Demikian pula halnya dengan penamaan tanaman. Oleh karena itu, untuk memudahkan mengidentifikasi dan mempelajari tanaman, perlu nama.

Pemberian nama pada tumbuhan disebut **Nomenklatur** atau **Tatanama**. Cara pemberian nama itu melibatkan azas-azas yang diatur dalam peraturan yang dibuat dan disahkan melalui Kongres Botani sedunia. Peraturan-peraturan tersebut secara formal dimuat pada Kode Internasional Tatanama Tumbuhan, Fosil Tumbuhan, Alga, Fungi dan Lumut Kerak (*International Code of Botanical Nomenclature/ ICBN*), Kode Internasional Tatanama Hewan dan Fosil Hewan (*International Code of Zoology Nomenclature/ICZN*), dan Kode Internasional Tatanama Prokariot (*International Code of Procaryotic Nomenclature/ICPN*). Kode tatanama bertujuan untuk menyediakan cara yang benar dan baku dalam pemberian nama bagi kesatuan-kesatuan taksonomi, menghindari atau menolak pemakaian nama-nama yang mungkin menyebabkan kesalahan atau keragu-raguan atau yang menyebabkan timbulnya kesimpangsiuran dalam ilmu pengetahuan, dan menghindarkan terciptanya nama-nama yang tidak perlu. Maksud pemberian nama pada setiap kesatuan taksonomi tumbuh-tumbuhan bukanlah untuk menunjukkan ciri-ciri atau sejarahnya, tetapi untuk memberikan jalan guna pengacuan dan sekaligus menunjukkan tingkat kedudukan taksonominya.

Nama yang digunakan secara inernasional dalam penamaan mahluk hidup, termasuk tanaman, adalah dalam **bahasa Latin**, karena bahasa tersebut merupakan bahasa yang telah mati, tidak berubah, tetapi dimengerti para ahli dimana-mana. Sistem yang dipakai dalam memberi nama adalah **sistem binomial**, yaitu setiap tanaman diberi nama dengan 2 suku kata sebagai ciri primer, kata pertama menunjukkan genus dan kata kedua menunjukkan spesies.

Tata nama binomial atau *binomial nomenclature* merupakan aturan penamaan baku bagi semua makhluk hidup yang terdiri dari dua kata (*binomial*). Binomial berarti "dua nama" dari sistem taksonomi dengan mengambil nama genus dan spesies. Nama yang dipakai adalah nama

baku yang diberikan dalam bahasa Latin atau bahasa lain yang dilatinkan (Jenks, 2011). Beberapa aturan penulisan dalam tata nama binomial seperti berikut:

1. Tatanama binomial selalu menempatkan nama genus di awal dan nama spesies mengikutinya.
2. Nama genus selalu diawali dengan huruf kapital (huruf besar, *uppercase*) dan nama spesies selalu diawali dengan huruf biasa (huruf kecil, *lowercase*).
3. Penulisan nama ilmiah yang dicetak harus ditulis dengan huruf miring (huruf *italic*). Contoh, penulisan nama padi: *Oriza sativa* L. (*Oriza* menunjukkan genus, huruf pertama ditulis dengan huruf capital dan dicetak miring, sedangkan *sativa* menunjukkan spesies, huruf pertama ditulis dengan huruf kecil dan dicetak miring).
4. Nama penemu boleh/dapat dicantumkan di belakang nama spesies. Contohnya, *Oryza sativa* L. dan *Rosa hybrida* Hort. Huruf L di belakang sativa merupakan nama pertama dari penemu padi dan Hort. adalah singkatan nama dari penemu *Rosa hibryda*.
5. Penulisan nama ilmiah yang ditulis dengan tangan harus diberi garis bawah yang terpisah untuk nama genus dan nama spesies. Contoh, Penicillium notatum.
6. Penulisan nama tidak mengikuti tipografi yang menyertainya. Artinya, suatu teks yang semuanya menggunakan huruf kapital atau huruf besar, misalnya judul naskah yang diketik dalam huruf kapital, tidak menjadikan penulisan nama ilmiah pada judul tersebut adalah huruf kapital semua.
7. Pada penulisan teks yang menyertakan nama umum/ trivial, nama ilmiah biasanya menyusul dan diletakkan dalam tanda kurung. Contohnya, pada judul penelitian: "PENGUJIAN DAYA TAHAN KEDELAI (*Glycine max* Merr.) TERHADAP BEBERAPA TINGKAT KADAR AIR TANAH". Penulisan *Glysine max* dalam kurung diperlukan untuk menggambarkan bahwa selain *Glycine max* ada spesies kedelai lain misalnya *Glycine soja*, yang juga disebut kedelai. Kata Merr. adalah singkatan dari deskriptor/penemunya yaitu E.D. Merrill

yang hasil karyanya diakui sebagai penemu *Glycine max*.

8. Pada teks dengan huruf tegak, nama ilmiah ditulis dengan huruf miring (*huruf italic*), dan sebaliknya teks dengan huruf miring, nama ilmiahnya ditulis dengan huruf tegak. Contoh teks dengan huruf tegak dan nama ilmiah ditulis huruf miring: "Pengujian Daya Tahan Kedelai (*Glycine max* Merr.) terhadap Beberapa Tingkat Kadar Air. Sedangkan contoh teks dengan huruf miring, nama ilmiahnya ditulis dengan huruf tegak: *Respon pemangkasan jagung* (Zea Mays L.) *terhadap kuantitas dan kualitas hasil.*
9. Nama ilmiah ditulis lengkap apabila disebutkan pertama kali, kemudian penyebutan selanjutnya cukup dengan mengambil huruf awal nama genus dan diberi titik lalu nama spesies secara lengkap. Contoh: Tumbuhan dengan bunga terbesar ditemukan di hutan-hutan Bengkulu, yang dikenal sebagai padma raksasa *(Rafflesia arnoldii).* Di Pulau Jawa ditemukan pula kerabatnya, yang dikenal sebagai *R. patma,* dengan ukuran bunga yang lebih kecil. Sebutan *E. coli* atau *T. rex* berasal dari konvensi ini.
10. Singkatan "sp." digunakan jika nama spesies tidak dapat atau tidak perlu dijelaskan. Singkatan "spp." merupakan bentuk jamak dari nama spesies. Contohnya, *Canis sp.* berarti satu jenis dari genus *Canis* sedangkan *Adiantum spp.*, berarti beberapa jenis-dari genus *Adiantum*.

3.1.2. Klasifikasi Tanaman

Klasifikasi tanaman adalah pengelompokan aneka jenis tanaman atau tumbuhan kedalam kelompok tertentu sesuai tingkat-tingkat kesatuan kelasnya secara ideal. Dengan kata lain, pengelompokan disusun secara runtut sesuai dengan tingkatannya (hierarkinya), yaitu mulai dari tingkatan yang lebih kecil hingga ke tingkatan yang lebih besar berdasarkan kesamaan atau perbedaan yang dimiliki. Dasar dalam mengadakan klasifikasi adalah keseragaman

atau kesamaan-kesamaan sifat dan ciri dari tumbuham (Tjitrosoepomo, 1993). Jadi, setiap kesatuan taksonomi mempunyai sejumlah kesamaan sifat dan ciri. Kesatuan taksonomi yang anggotanya menunjukkan kesamaan sifat dan ciri yang banyak merupakan unit kesatuan taksonomi yang lebih kecil dibandingkan dengan kesatuan taksonomi yang anggotanya menunjukkan kesamaan yang lebih sedikit. Klasifikasi dicapai dengan menyatukan golongan-golongan yang sama dan memisahkan golongan-golongan yang berbeda.

Prinsip dan cara mengelompokkan tanaman menurut ilmu taksonomi tumbuhan adalah dengan membentuk **takson**. **Takson** adalah kelompok makhluk hidup yang anggotanya memiliki banyak persamaan ciri. Takson dibentuk dengan jalan mengelompokkan objek atau makhluk hidup yang diteliti dengan mencari persamaan ciri maupun perbedaan yang dapat diamati. Sifat-sifat yang dijadikan dasar dalam klasifikasi berbeda-beda tergantung orang yang mengadakan klasifikasi dan tujuan yang ingin dicapai. Tanaman yang terdapat dalam satu takson (kategori) yang sama mempunyai kesamaan sifat lebih banyak dibandingkan tanaman dari takson lainnya. Dalam taksonomi tumbuhan istilah yang dimanfaatkan untuk menyebutkan suatu nama takson sekaligus menunjukkan juga tingkat taksonnya. Urutan klasifikasi dari tingkatan yang terbesar hingga terkecil bila menggunakan contoh padi adalah sebagai berikut.

Kingdon – Plantae (tumbuhan)
Divisi – Spermatophyta (tanaman berbiji)
Kelas – Angiospermae (biji dalam buah)
Sub-kelas – Monocotyledoneae (biji dengan keeping biji tunggal)
Ordo – Graminales
Famili – Graminae (rumput-rumputan)
Genus – Oryza (padi-padian)
Species – *Oryza sativa* L. (padi)

Katagori dari divisi, kelas, ordo dan famili disebut **taxa major** dan katagori dari genus ke bawah disebut **taxa minor**. Dalam taxa minor, spesies yang merupakan satuan dari taksonomi di bawah genus dapat dibagi-bagi lagi menurut berbagai ciri morfologi. Pembagian spesies ke bawah yaitu sub-spesies dan varietas. Namun definisinya kabur dan sering merupakan selera perorangan.

Dalam taksonomi tumbuhan, para ahli berpendapat bahwa spesies merupakan unit terkecil dalam hierarki klasifikasi. Semua anggota spesies yang sama dapat secara alamiah saling kawin dan menghasilkan keturunan. Tetapi, sejumlah spesies tertentu memiliki variasi internal yang sangat jelas, oleh karenanya dibuat sejumlah takson di bawah spesies yang disebut **subspesies**. Secara definisi subspecies adalah grup taksonomi yang sedikit terpisah dari spesies utama. Karakteristiknya berasal dari perubahan yang terjadi atau evolusi akibat distribusi geografis atau isolasi dari spesies utama. Secara terminologi, varietas adalah suatu kelompok tanaman tertentu dalam suatu spesies budidaya tertentu yang dapat dibedakan dengan suatu sifat atau sekelompok sifat-sifat tertentu.

Pengertian varietas sering dibedakan menjadi varietas secara botani dan varietas budidaya. Dalam pengertian botani, **varietas** adalah suatu peringkat taksonomi di bawah sub-spesies atau sering disebut dengan peringkat taksonomi sekunder di bawah spesies. Suatu varietas menunjukan penampilan yang khas berbeda dari varietas lain, tetapi akan bersilang dengan bebas terhadap varietas lainnya jika dilakukan kontak dengannya. Contohnya, varietas-varietas botani pada tanaman padi adalah *Oryza sativa* var. javonica, *Oryza sativa* var. indica, dan *Oryza sativa* var. agglutinosa. Sedangkan varietas budidaya atau kultivar (singkatan *cultivated variety*) adalah taxon yang relevansinya berkaitan dengan budidaya tanaman. **Kultivar** adalah sekelompok tumbuhan yang telah dipilih/diseleksi untuk suatu atau beberapa ciri tertentu yang khas dan dapat dibedakan secara jelas dari kelompok lainnya, serta tetap mempertahankan ciri-ciri khas ini jika diperbanyak dengan cara tertentu, baik secara seksual maupun aseksual. Dalam pembicaraan

sehari-hari masyarakat kerap kali menyebut kultivar sebagai varietas atau ras (ras lokal, *landrace*), meskipun sebenarnya masing-masing memiliki pengertian yang berbeda. Kultivar merupakan produk dari pemuliaan tanaman. Varietas dalam pengertian botani dapat mencakup satu atau banyak kultivar. Sebagai contoh, padi IR_{64} bukanlah varietas dalam pengertian botani, melainkan suatu kultivar padi, meskipun orang menyebutnya varietas IR_{64}.

3.1.2.1. Tujuan dan Manfaat Klasifikasi Tanaman

Klasifikasi makhluk hidup dilakukan dengan maksud mengelompokkan mahluk hidup agar lebih mudah dikenali dan akhirnya dapat digunakan untuk kepentingan manusia. Tujuan dari **klasifikasi tanaman** adalah:

a. mengelompokkan tanaman berdasarkan persamaan ciri-ciri yang dimiliki;
b. mendeskripsikan ciri-ciri suatu jenis tanaman untuk membedakannya dengan tanaman dari jenis yang lain;
c. mengetahui hubungan kekerabatan antar tanaman; dan
d. memberi nama makhluk hidup yang belum diketahui namanya.

Manfaat klasifikasi tanaman, yaitu:

a. mempermudah mengenal tanamam yang beranekaragam dengan cara mencari persamaan dan perbedaan ciri serta sifat dari tanaman.
b. memudahkan dalam memberi nama ilmiah kepada individu atau populasi tanaman.
c. memudahkan mempelajari dan mencari keterangan tentang tanaman yang kita pelajari yang sangat beraneka ragam
d. memudahkan dalam mengetahui hubungan kekerabatan antara tanaman satu dengan yang lain.

3.1.2.2. Sistem Klasifikasi Tanaman

Untuk mempelajari kesamaan atau keanekaragaman makhluk hidup, klasifikasinya dapat dilakukan dengan

berbagai cara, seperti: mengidentifikasinya dengan benda/contoh/gambarnya, menanyakan kepada ahlinya, dan menggunakan kunci Determinasi Dikotomi. Dasar klasifikasinya bermacam-macam, ada yang berdasarkan manfaat/kegunaan, umur, kemampuan adaptasi/habitat, kebiasaan hidupnya, kandungan gizinya atau zat utamanya, ciri morfologi, ciri anatomi, ciri biokimia, dan lain-lain. Dari waktu ke waktu, sistem klasifikasi mengalami perkembangan atau perubahan sesuai dengan kemajuan teknologinya. Namun, secara umum terdapat tiga sistem klasifikasi tanaman dalam taksonomi tumbuhan yaitu sistem klasifikasi artificial/buatan, sistem klasifikasi natural/alami, dan sistem klasifikasi modern/filogenetik.

1. **Sistem Artifisial/Buatan.** Sistem ini mengelompokkan tanaman *berdasarkan persamaan ciri yang ditetapkan oleh peneliti sendiri*. Misalnya, ukuran, bentuk, dan habitat makhluk hidup. Sistem klasifikasi ini banyak dihubungkan dengan kepentingan hidup manusia, habitat, atau kebiasaan hidup organisme sehingga lebih mudah dikenali atau dipahaminya. Tujuannya adalah agar lebih mudah mengenal sifat dan manfaat dari organisme yang dipelajari, dan dengan begitu akan mudah diupayakan untuk budidaya sesuai kebutuhan. Kelemahan dari klasifikasi buatan ini adalah suatu organisme memiliki manfaat yang bermacam-macam, sehingga tidak dapat digolongkan dalam satu golongan saja. Misalnya, tanaman cabe (*Capsicum annuum*) dapat digolongkan sebagai tanaman sayuran, tanaman obat, tanaman semusim, tanaman hortikultura, tanaman herba, tanaman industri (saos sambal), tanaman hias, dan lainnya. Demikian pula, ayam dapat digolongkan sebagai unggas petelur atau pedaging, dan juga kelas Aves yang merupakan bagian dari sub-filum Vertebrata.
2. **Sistem Natural/Alami**. Sistem ini mengelompokkan tanaman *berdasarkan persamaan ciri struktur tubuh eksternal (morfologi) dan struktur tubuh internal (anatomi)* **secara alamiah**. Sistem klasifikasi alami adalah didasarkan kepada ciri-ciri alaminya yang mudah dikenali seperti ciri-ciri morfologi akar, batang, daun,

bunga atau alat reproduksinya. Penganut sistem ini, di antaranya, **Carolus Linnaeus** (abad ke-18). Linnaeus berpendapat bahwa setiap tipe makhluk hidup mempunyai bentuk yang berbeda. Oleh karena itu, jika sejumlah makhluk hidup memiliki sejumlah ciri yang sama, berarti makhluk hidup tersebut sama spesiesnya. Dengan cara ini, Linnaeus dapat mengenal 10.000 jenis tanaman dan 4.000 jenis hewan.

3. **Sistem Modern/Filogenetik.** Sistem ini mengelompokkan tanaman *berdasarkan pada hubungan kekerabatan secara evolusioner*. Beberapa parameter yang digunakan dalam klasifikasi ini antara lain kesamaan darah, dan kesamaan susunan gen. Sistem klasifikasi filogeni adalah mendasarkan penggolongan organisme menurut garis evolusinya atau sifat perkembangan genetik organisme sejak keberadaaanya pertama di dunia hingga bentuk/wujudnya saat ini. Sistem klasifikasi ini dipengaruhi oleh perkembangan teori evolusi. Organisme secara morfologis berbeda, tetapi ternyata tidak mesti memiliki genetik yang berbeda sebagai akibat keanekaragaman tingkat gen pada individu. Kelebihan sistem klasifikasi filogenetik adalah mudah melihat tingkat kekerabatan antar individu. Kelompok individu pada tingkat takson jenis adalah menunjukkan individu ini bisa disilangkan dan menghasilkan keturunan yang fertil. Sebab, individu pada tingkat genus yang sama bisa saja disilangkan, hanya menghasilkan keturunan yang steril seperti persilangan antara singa (*Felis leo*) dengan macam tutul (*Felis tigris*) menghasilkan jenis *Leopons* (berkepala singa, tetapi berbadan harimau) yang mandul, apalagi pada tingkat takson yang lebih tinggi. Aliran klasifikasi filogeni seperti Whitaker (1969) menilai bahwa pembagian Dunia (Kingdom) Makhluk Hidup menjadi dua golongan adalah tidak tepat, karena ada beberapa golongan makhluk hidup masih dikategorikan kepada keduanya. Misalnya, Euglena, Volvoc, Chlamydomonas, dan lain-lain adalah memiliki klorofil dan bergerak bebas dengan flagelnya sehingga merupakan bentuk antara

tumbuhan dan hewan, maka ia memasukkannya menjadi Kingdom tersendiri, yaitu Protista. Demikian pula, golongan jamur memiliki sifat heterotrof (saprofit), tidak memiliki klorofil, dan kandungan cadangan makanannya adalah glikogen, serta jaringan tubuhnya tidak pernah membentuk jaringan kompleks yang menunjukkan hal yang jauh berbeda sifat dengan tumbuhan, sehingga ia dimasukkan Kingdom sendiri, yaitu Mycota. Satu hal lagi adalah golongan bakteri, sekalipun selnya memiliki dinding yang terbuat dari selulosa, tetapi organisme ini tidak mampu membentuk jaringan (hanya mampu membentuk koloni), bahkan tidak mampu mengorganisasikan DNA menjadi kromosom maupun ketidakmampuannya mengemas materi inti sel menjadi satu organel nucleus, sehingga ia merupakan kelompok organisme prokariotik. Golongan organisme prokariotik ini seumur hidupnya hanya mampu membentuk tubuh satu sel atau koloni saja, sehingga ia menamakannya sebagai Kingdom Monera.

3.1.3. Dasar-Dasar Klasifikasi Tanaman

Secara umum, sebagai kriteria mendasar dalam mengadakan klasifikasi adalah keseragaman atau keanekaragaman sifat dan ciri dari mahluk hidup. Namun, ketepatan (*accuracy*) hasil klasifikasi sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, yaitu:

1. Dasar/kriteria klasifikasi yang digunakan.
2. Subyektivitas yang melakukan klasifikasi (penafsiran seorang ilmuan dapat sangat berbeda pada objek studi yang sama).
3. Perkembangan iptek,
4. Tingkat pengetahuan ilmuan yang melakukan klasifikasi.
5. Perbedaan tujuan klasifikasi.

Tedapat banyak cara dalam melakukan klasifikasi tanaman, misalnya berdasarkan lingkungan tempat

hidupnya, cara hidup, morfologi (struktur tubuh luar) dan anatomi (struktur tubuh dalam), habitus, dan lain sebagainya. Dalam buku ini, klasifikasi tanaman mengikuti cara Chandrasekaran *et al.* (2010) yaitu mengklasifikasikan tanaman berdaasrkan 9 (sembilan) kriteria sebagi beikuti:

1. Berdasarkan rentang budidayanya (*according to range of cultivation*).
2. Berdasarkan asal aslinya (*according to the place of origin*).
3. Berdasarkan botaninya (*botanical classification*).
4. Berdasarkan kekomersialannya (*commercial classification*).
5. Berdasarkan nilai ekonomi/pertaniannya (*economic/ agricultural classification*).
6. Berdasarkan musimnya (*seasonal classification*).
7. Berdasarkan ontogeninya (*classification based on ontogeny*).
8. Berdasarkan kebutuhan budaya (*according to cultural requirement*).

3.1.3.1. Klasifikasi Berdasarkan Rentang Budidayanya (*according to range of cultivation*).

Berdasarkan rentang budidayanya, tanaman diklasifikasikan menjadi:

1. Tanaman kebun (*garden crop*), yaitu tanaman yang ditanam pada kebun dengan skala kecil, contohnya bawang merah, bayam, dan lain-lain.
2. Tanaman perkebunan (*plantation crop*), yaitu tanaman yang ditanam pada skala besar dalam sebuah perusahaan (*estate*) dan biasanya tanaman tahunan, contoh: teh, kopi, kakao, karet, dan lain-lain.
3. Tanaman ladang/lapangan (*field crop*), yaitu tanaman yang ditanam dalam skala luas dan tumbuh di bawah kondisi lapang, contoh: padi, gandum, kapas, dan lain-lain.

3.1.3.2. Klasifikasi Berdasarkan asal aslinya (*according to the place of origin*)

Berdasarkan asal aslinya, tanaman diklasifikasikan menjadi:

1. Tanaman asli (*native*), yaitu tanaman yang tumbuh dalam batas-batas geografis asal mereka, contoh: padi, pisang, salak, dan lain-lain yang ditanam di Indonesia adalah tanaman asli dari Indonesia.
2. Tanaman introduksi/diperkenalkan (*exotic*), yaitu tanaman yang diintroduksi atau diperkenalkan dari negara lain, seperti tembakau, kentang, rami, apel, dan lain-lain.

3.1.3.3. Klasifikasi Berdasarkan Botaninya (*Botanical Classification*)

Berdasarkan sistematika botaninya tanaman diklafisifikasikan sebagai order, family, dan lain sebagainya. Dengan cara yang sama, tanaman dikelompokkan menjadi family sebagai berikut:

1. Poaceae (graminae), misalnya serealia, rumput-rumputan, dan lain-lain.
2. Papilionaceae (legumes), misalnya kacang-kacangan, sayuran, dan lain-lain.
3. Cruciferae, misalnya lobak, kubis, kembang kol, dan lain-lain.
4. Cucurbitaceae, misalnya labu, mentimun, dan lain-lain.
5. Malvaceae, misalnya kapas, rosela, dan lain-lain.
6. Solanaceae, misalnya kentang, tomat, tembakau, cabe, terung, dan lain-lain.
7. Tiliaceae, misalnya rami, dan lain-lain.
8. Asteraceae (compositae), misalnya bunga matahari, dan lain-lain.
9. Chenopodiaceae, misalnya bayam, bit, dan lain-lain.
10. Pedeliaceae, milsanya sesame, dan lain-lain.
11. Euphorbiaceae, misalnya singkong, dan lain-lain.
12. Convolvulaceae, misalnya ubi jalar, dan lain-lain.

13. Umbelliferae, misalnya coriander, cumin, wortel, dan lain-lain.
14. Liliaceae, misalnya bawang merah, bawang putih, dan lain-lain.
15. Zingiberaceae, misalnya jahe, lengkuas, kencur, dan lain-lain.

3.1.3.4. Klasifikasi Berdasarkan Kekomersialannya (*Commercial Classification*).

Berdasarkan produk atau hasil tanaman yang bernilai komersial tanaman diklasifikasikan menjadi:

1. Tanaman pangan (*food crops*), yaitu jenis tanaman penghasil karbohidrat dan protein yang dapat digunakan sebagai sumber energi bagi manusia. Tanaman pangan merupakan tanaman pokok manusia untuk dikonsumsi dan menjadi sumber energi, misalnya: beras, gandum, kedelai, kacang tanah, dan lain-lain.
2. Tanaman pakan ternak (*forage crops*), yaitu tanaman atau bagian tanaman yang digunakan sebagai makanan ternak, misalnya: rumput gajah, gamal, gandum, sorgum, jagung, dan lain-lain.
3. Tanaman industri (*industrial crops*), tanaman yang perlu diolah terlebih dahulu sebelum dapat digunakan oleh manusia, misalnya: kapas, tebu, gula bit, tembakau, rami, dan lain-lain.
4. Tanaman penyedap makanan (*foods adjuvunts*), tanaman yang diambil hasilnya untuk bumbu penyedap makanan, misalnya: kunyit, bawang putih, jinten, dan lain-lain.

3.1.3.5. Klasifikasi Berdasarkan Nilai Ekonomi/ Pertanian/Agraria (*Economic/ Agricultural/ Agrarian Classification*).

Berdasarkan nilai ekonomi/pertanian/agraria, tanaman diklasifikasikan menjadi:

1. Serealia (*cereals*), yaitu tanaman yang dibudidayakan dimana yang bernilai ekonomis adalah biji-bijinya untuk digunakan sebagai bahan makanan pokok. Contohnya:

padi, gandum, dan lain-lain. Kata sereal berasal dari kata ceres, yang menandakan dewi yang diyakini sebagai pemberi biji-bijian oleh orang Romawi.

2. Milet (*millet*), yaitu serealia berbutir kecil yang digunakan sebagai bahan makanan pokok di daerah kering yang sedang berkembang. Contohnya: sorgum, milet kecil, dan lain-lain.
3. Tanaman yang bijinya berminyak (*oil seeds*), yaitu tanaman yang menghasilkan biji yang kaya asam lemak, biasa digunakan sebagai minyak nabati. Contohnya: kacang tanah, bunga matahari, kastor, biji rami, mustard, dan lain-lain.
4. Tanaman polong-polongan (*pulses*), yaitu tanaman yang bijinya kaya akan protein, misalnya: kacang tanah, kedelai, bunga matahari, dan lain-lain.
5. Tanaman makan ternak (*feed/forage*), yaitu bagian vegetatif tanaman, baik segar maupun diawetkan, digunakan sebagai pakan ternak. Contohnya: jerami padi, jerami jagung, silase, rumput gajah, dan lain-lain.
6. Tanaman serat (*fibre crops*), yaitu tanaman yang dibudidayakan untuk dipanen seratnya. Contohnya: serat buah kapas, serat batang goni, serat daun agave, serat daun nanas, dan lain-lain.
7. Tanaman penghasil pati dan gula (*sugar and starch crops*), yaitu tanaman penghasil gula dan pati (tepung). Contohnya: tebu, gula bit, kentang, ubi jalar, tapioka dan asparagus.
8. Tanaman rempah dan empon-empon (*Spices and condiments*), yaitu tanaman yang digunakan sebagai bumbu, penambah rasa atau pewarna pada makanan segar atau yang diawetkan. Misalnya: jahe, bawang putih, jinten, kunyit, cabai, bawang merah, ketumbar, adas, dan lain-lain.
9. Tanaman obat (*drug crops/medicinal plants*), yaitu tanaman yang digunakan sebagai bahan obat-obatan. Contohnya: pala, cengkeh, dan lain-lain.
10. Narkotika (*narcotics*), yaitu tanaman atau produk yang digunakan untuk efek stimulasi, penahan rasa sakit, bius (anastesi), penenang, relaksasi, dan memulihkan

ingatan. Contohnya: nikotin, ganja, opium, kokain, dan heroin.

11. Bahan minuman (*baverages*), yaitu tanaman atau produk tanaman yang digunakan untuk minuman. Contohnya: teh, kopi, dan coklat.

3.1.3.6. Klasifikasi Berdasarkan Musimnya (*Seasonal Classification*)

Berdasarkan musimnya, tanaman diklasifikasikan sesuai dengan periode waktu atau bulan apa biasanya tanaman yang bersangkutan mengalami pertumbuhan terbaik. Klasifikasi berdasarkan musim ini tidak bersifat universal, karena tergantung dimana atau di negara mana tanaman diproduksi. Di Indonesia, klasifikasi tanaman berdasarkan musimnya sebagai berikut:

1. Tanaman musim hujan, yaitu tanaman yang tumbuh selama musim hujan yang membutuhkan cuaca basah selama periode pertumbuhan utamanya Misalnya, padi, jagung, dan kacang tanah.
2. Tanaman musim kemarau, yaitu tanaman yang tumbuh selama musim kemarau dan memerlukan cuaca kering yang dingin untuk masa pertumbuhan utamanya. Contohnya: cabai, kentang, kol, dan kubis.

3.1.3.7. Klasifikasi Berdasarkan Ontogeninya (*Classification Based on Ontogeny*)

Klasifikasi tanaman berdasarkan ontogeni merupakan cara klasifikasi berdasarkan siklus hidupnya seperti berikut:

1. Tanaman setahun (*annual crops*), yaitu tanaman yang hidup hanya dalam 1 (satu) siklus hidup, dalam satu musim atau tahun. Tanaman jenis ini menghasilkan benih dan mati dalam satu musim. Misalnya: gandum, padi, jagung, kedelai, dan lain-lain.
2. Tanaman dwitahun (*biennial crops*), yaitu tanaman yang memiliki rentang hidup dua musim berturut-turut atau dua tahun (tahun tanaman). Musim pertama atau tahun pertama berlangsung pertumbuhan vegetatif (akar, daun,

batang), dan pada musim/tahun kedua mereka menghasilkan bunga, buah atau organ reproduktif lainnya, lalu setelah itu tanaman mati. Misalnya: cabai, tomat, bit gula, kol, lobak, wortel, dan lain-lain.

3. Tanaman tahunan (*perinnial crops*), yaitu tanaman yang hidup bertahun-tahun. Tahun atau musim pertama berlangsung pertumbuhan vegetatif (akar, daun, batang), dan pada musim/tahun kedua mereka menghasilkan bunga, buah atau organ reproduktif lainnya. Setelah organ reproduktif masak, tanaman kembali melangsungkan pertumbuhan vegetatif (akar, batang, daun baru), diikuti lagi dengan menumbuhkan organ generatif. Demikain seterusnya sehingga terjadi pertumbuhan vegetatif dan generatif secara bergantian sepanjang hidupnya. Misalnya: kopi, kakao, durian, manggis, dan lain-lain.

3.1.3.8. Klasifikasi Berdasarkan Kebutuhan Budidaya (*According To Cultural Requirement*)

Klasifikasi tanaman berdasarkan kebutuhan budidaya dapat dibedakan menjadi kelompok tanaman berdasarkan kesesuain topografi, sumber air untuk pengairan, toleran tidaknya pada lahan bermasalah, perlu atau tidaknya pengolahan tanah, kedalaman sistem perakaran, metode penanaman, perlu tidanya inter-tillage (antar baris), kebutuhan pasca panen, dan kondisi iklim. Klasifikasi tanaman berdasarkan kebutuhan budidaya secara lebih rinci adalah sebagai berikut.

3.1.3.8.1. Berdasarkan Kesesuaian Topografi (*According to Suitability of Toposequence*)

Berdasarkan kesesuain topografi, tanaman dapat dibedakan menjadi:

a. Tanaman yang tumbuh di dataran tinggi (*crops grown on upland*), yaitu tanaman yang tumbuhnya di dataran

tinggi, umumnya pengairannya dari curah hujan dan tidak tahan genangan air. Bisa juga diartikan sebagai tanaman yang tempat tumbuhnya ditinggikan (dibuatkan guludan) dengan dilengkapi pembuangan air (saluran drainasi) untuk mengeringkan dan membuang kelebihan air sekitar tanaman. Contohnya: kentang, stroberi, cabai, jagung, dan lain-lain.

b. Tanaman yang tumbuh di dataran rendah (*crops grown on lowland*), yaitu tanaman yang tumbuh di dataran rendah, tahan genangan air dan membutuhkan air berlimpah. Dalam penanaman dengan sistem guludan, kelompok tanaman ini di tanam pada bagian lembah guludan sedangkan tanaman tak tahan genangan ditanam pada bukit guludan. Contohnya: padi, rami, bunga teratai, dan lain-lain.

3.1.3.8.2. Berdasarkan Sumber Air (*According to Source of Water*)

Berdasarkan sumber air yang digunakan, tanaman dapat dibedakan menjadi:

a. Sumber airnya dari irigasi (*irrigated crops*), yaitu tanaman yang dibudidayakan dengan menggunakan air dari irigasi buatan. Contohnya: padi dan berbagai jenis tanaman lainnya yang dibudidakana secara intensif seperti stroberi, bunga krisan, cabai, dan lain-lain yang dibudidayakan secara hidroponik. Semua tanaman sesungguhnya akan lebih baik pertumbuhan dan produksinya bila dibudidayakan dengan menggnakan sumber air dari irigasi.

b. Sumber air untuk pengairannya mengandalkan curah hujan (*rainfed crops*), yaitu tanaman yang dibudidayakan pengairannya hanya dari curah hujan, tanpa irigasi buatan. Dengan demikian waktu tanamnya bergantung pada musim dan pola curah hujan. Contohnya: jagung dan ketela pohon di lahan kering di dataran tinggi.

3.1.3.8.3. Berdasarkan Toleran Tidaknya Pada Lahan Bermasalah (*According to Tolerance to Problem Soils*)

Berdasarkan tingkat toleransinya pada lahan bermasalah, tanaman dibedakan menjadi:

a. Tanaman yang tahan/toleran terhadap tanah asam (*crops tolerant to acidic soils*), yaitu tanaman yang tetap mampu berproduksi dengan baik walaupun pH tanah rendah (< 5) atau kemasamannya tinggi. Contohnya: padi dan kentang.
b. Tanaman yang tahan terhadap tanah berkadar garam tinggi (*crops tolerant to saline soils*), yaitu tanaman yang tetap mampu berproduksi dengan baik walaupun kadar garam (NaCl) dalam tanah tinggi. Contohnya: cabai, timun-timunan, gandum, sorgum, dan lain-lain.
c. Tanaman yang tahan terhadap tanah basa (*crops tolerant to alkali/sodic soils*), yaitu tanaman yang tetap mampu berproduksi dengan baik walaupun pH tanah tinggi (> 7) atau kemasamannya rendah. Contohnya: kapas, jagung, barley, dan lain-lain.
d. Tanaman yang tahan terhadap tanah tergenang (*crops tolerant to waterlogged soils*), yaitu tanaman yang tetap mampu berproduksi dengan baik pada tanah tergenang. Contohnya: padi sawah, kangkung, bunga teratai, dan lain-lain.
e. Tanaman yang tahan terhadap kekeringan (*crops tolerant to drought*), yaitu tanaman yang tetap mampu berproduksi dengan baik walaupun mengalami kekeringan/ kekurangan air. Contohnya: jagung, rumput ternak, dan lain –lain.

3.1.3.8.4. Berdasarkan Kebutuhan Perlu Tidaknya Pengolahan Tanah (*According to Tillage Requirement*)

Berdasarkan perlu tidaknya pengolahan tanah pada saat melakukan penanaman, tanaman dapat dibedakan menjadi:

a. Perlu pengolahan tanah (*arable crops*). Contohnya: kentang, jagung, padi, dan lain-lain.
b. Tidak perlu pengolahan tanah (*non-arable crops*). Contohnya tanaman rumput makanan ternak, tanaman kehutanan, dan lain-lain.

3.1.3.8.5. Berdasarkan Kedalaman Sistem Perakaran (*According to the Depth of Root System*)

Berdasarkan kedalaman sistem perakaran, tanaman dapat dibedakan menjadi:

a. Tanaman berakar dangkal (*shallow rooted crops*). Contohnya: padi, kentang, bawang putih, bawang merah, dan lain-lain.
b. Tanaman dengan sistem perakaran sedang (*moderately deep rooted crops*): Contohnya: tembakau, gandum, semangka, dan lain-lain.
c. Tanaman berakar dalam (*deep rooted crops*). Contohnya: kapas, jeruk keprok, pisang, papaya, dan lain-lain.
d. Tanaman berakar sangat dalam (*very deep rooted crops*). Contohnya: mangga, durian, nangka, albesia, dan lain-lain.

3.1.3.8.6. Berdasarkan Metode Penanaman (*According to Method of sowing/ Planting*)

Berdasarkan metode penanamannya, tanaman dapat dibedakan menjadi:

a. Tanaman yang benihnya langsung ditanam di tempat penanaman, baik yang masih kering maupun yang sudah berkecambah (*direct seeded crop*). Contohnya: kacang tanah, padi gogo, dan lain-lain.
b. Tanaman yang ditanam dengan menanam bagian tertentunya secara langsung (*planted crops*). Contohnya: tebu, kentang, ubi jalar, ketela pohon, dan lain-lain.
c. Tanaman yang sebelum ditanam perlu disemai pada pesemaian, kemudian setelah cukup umur baru dipindahkan ke lapangan (*transplanted crops*).

Contohnya: padi, tembakau, cabai, tomat, papaya, dan lain-lain.

3.1.3.8.7. Berdasarkan Kondisi Iklim (*Based on Climatic Condition*)

Berdasarkan kondisi iklim dimana tanaman tumbuh, tanaman dapat dibedakan menjadi:

a. Tanaman tropis (*tropical crop*), yaitu tanaman yang secara geografis tumbuh di sekitar ekuator diantara 23,5 ^{0}LU dan 23,5 ^{0}LS, umumnya hangat dan lembab sepanjang tahun dengan 2 musim yaitu musim hujan dan musim kemarau. Contohnya: kelapa, pisang, kacang tanah, tebu, dan lain-lain.
b. Tanaman sub-tropis (*sub-tropical crop*), yaitu tanaman yang secara geografis tumbuh di utara dan selatan setelah wilayah tropis yang dibatasi oleh garis balik utara dan selatan pada lintang 23,5 ^{0}LU dan 23,5 ^{0}LS, atau wilayah yang memiliki 4 musim yaitu musim semi, panas, gugur dan dingin. Contohnya: padi, kapas, kelapa, dan lain-lain.
a. Tanaman kutub (*polar crop*), yaitu tanaman yang hidup di kutub utara dan selatan dengan suhu sangat ekstrim dan hampir seluruh daratannya adalah es yang membeku. Contohnya: pinus kutub, rumput tundra, dan lain-lain.

3.2.Adaptasi dan Distribusi Tanaman

3.2.1. Adaptasi Tanaman

Adaptasi dalah kemampuan organisme untuk dapat menyesuaikan diri terhadap lingkungan tempat hidupnya yang memunkinkan organisme tersebut tetap hidup (*survive*) dan berkembang biak di lingkungan alaminya. Melalui adaptasi memungkinkan tanaman untuk memanfaatkan nutrisi, air, suhu atau cahaya yang tersedia dengan baik, atau dapat bertahan terhadap faktor-faktor yang merugikan seperti suhu ekstrim, serangga berbahaya, dan penyakit.

Terdapat beberapa jenis adaptasi pada tanaman, diantaranya yaitu:

1. Adaptasi morfologi, yaitu adaptasi yang berkaitan dengan bentuk bagian tubuh/organ tanaman yang adaptif. Bentuk adaptasi morfologi tampak dari luar dan mudah diamati sehingga adaptasi morfologi ini paling mudah untuk diamati. Contohnya: tanaman sukulen di daerah gurun, kantong semar dengan daun berbentuk piala, daun menggulung agar tahan panas, warna bunga yang mencolok untuk menarik serangga, akar yang panjang dan dalam agar tahan kekeringan, ada atau tidaknya akar udara, dan lain-lain.
2. Adaptasi fisiologi, yaitu adaptasi yang berkaitan dengan proses adaptif di dalam tubuh organisme dengan melibatkan terbentuknya zat-zat kimia tertentu untuk membantu proses yang berlangsung di dalam tubuh tanaman. Misalnya, agar tahan terhadap serangan penyakit maka secara fisiologis tanaman memproduksi lapisan kitin dan lilin yang tebal, agar tahan terhadap kekeringan tanaman memproduksi zat kimia prolin, tumbuhan menghasilkan madu untuk menarik pollinator, dan lain-lain.
3. Adaptasi prilaku, yaitu adaptasi yang diasosiasikan dengan bagaimana tanaman dapat merespon lingkungannya dengan baik sehingga dapat bertahan hidup. Contohnya, titik tumbuh tanaman (pucuk) tumbuh mengarah ke datangnya cahaya matahari, akar tumbuh mengarah ke arah gravitasi (tanah), pohon jati menggugurkan daunnya di musim kemarau untuk mengurangi penguapan, keladi meneteskan air untuk mengurangi kelebihan air, dan lain-lain.

3.2.2. Distribusi Tanaman

Tanaman selalu mengalami proses perubahan, perkembangan dan penyebaran/ distribusi. Distribusi tanaman dipengaruhi oleh faktor biologis (internal) dan faktor lingkungan/geografik (eksternal). Faktor internal meliputi perkawinan silang, mutasi, dan modifikasi genetika

dari tanaman tersebut, sedangkan faktor eksternal meliputi perubahan iklim, tanah, aktivitas vulkan, dan kerak bumi. Menurut Chandrasekaran *et al.* (2010), ada beberapa prinsip yang mempengaruhi distribusi tanaman, yaitu evolusi, faktor iklim seperti cahaya, suhu, kelembaban, angin, dan lain-lain, faktor edafik seperti tanah, bahan induk, dan fisiografi, variasi atau perubahan iklim, distribusi relatif dari darat dan laut, dan faktor biotik seperti penyerbukan obligat serangga, penyebaran benih oleh hewan dan penggembalaan ternak oleh peternak secara langsung mempengaruhi distribusi tanaman.

Jenis tanaman yang tersebar di wilayah Indonesia hidup di hutan tropis, hutan musim, hutan pegunungan, hutan bakau dan sabana tropis. Persebaran flora di wilayah Indonesia itu sendiri terbagi ke dalam 4 kelompok besar wilayah flora Indonesia, yaitu:

1. Wilayah Flora Sumatra-Kalimantan, tersebar di pulau Sumatra dan Kalimantan serta pulau-pulau kecil di sekitarnya (Nias, Enggano, Bangka, Belitung, Kepulauan Riau, Natuna, Batam, Buton, dan lain-lain). Contoh flora khas yang tumbuh adalah Bunga Bangkai (*Raflesia Arnoldi*).
2. Wilayah Flora Jawa-bali, tersebar di pulau Jawa, Madura, Bali dan kepulauan-kepulauan kecil disekitarnya (Kepulauan Seribu, Kepulauan Karimunjawa). Contoh flora khas yang tumbuh adalah pohon Burohal (*Kepel*)
3. Wilayah Flora Kepulauan Wallacea, tersebar di pulau Sulawesi, Timor, Kepulauan Maluku dan Nusa Tenggara. Contoh flora yang tumbuh adalah pohon Sagu.
4. Wilayah Flora Papua, meliputi wilayah pulau Papua dan pulau-pulau kecil di sekitarnya. Contoh Flora Khas tumbuh adalah Eucalyptus, sama dengan jenis tumbuhan yang tumbuh di daerah Queensland Australia Utara.

Apabila dilihat pada lingkup seluruh dunia, persebaran tumbuhan dibagi menjadi beberapa wilayah penyebaran, yaitu:

1. Wilayah Ethiopian, yaitu tumbuhan yang wilayah persebarannya meliputi benua Afrika, dari sebelah Selatan Gurun Sahara, Madagaskar dan Selatan Saudi Arabia. Tumbuhan yang khas dari daerah ini meliputi kaktus.
2. Wilayah Paleartik, yaitu tumbuhan yang wilayah persebarannya sangat luas meliputi hampir seluruh benua Eropa, Uni Sovyet, daerah dekat Kutub Utara sampai Pegunungan Himalaya, Kepulauan Inggris di Eropa Barat sampai Jepang, Selat Bering di pantai Pasifik, dan benua Afrika paling Utara. Kondisi lingkungan wilayah ini bervariasi, baik perbedaan suhu, curah hujan maupun kondisi permukaan tanahnya, menyebabkan jenis floranya juga bervariasi, seperti bunga sakura dari Jepang.
3. Wilayah Neartik, yaitu tumbuhan yang wilayah persebarannya meliputi kawasan Amerika Serikat, Amerika Utara dekat Kutub Utara, dan Greenland. Flora yang yang khas meliputi tumbuhan pada daerah-daerah dingin seperti cemara yang biasa tumbuh di daerah bersalju.
4. Wilayah Neotropikal, yaitu tumbuhan yang wilayah persebarannya meliputi Amerika Tengah, Amerika .Selatan, dan sebagian besar Meksiko. Iklim di wilayah ini sebagian besar beriklim tropik dan bagian Selatan beriklim sedang. Misalnya: Pohon eboni
5. Wilayah Oriental, yaitu tumbuhan yang daerah penyebaran biotiknya meliputi daerah Asia bagian selatan pegunungan Himalaya, India, Sri Langka, Semenanjung Melayu, Sumatera, Jawa, Kalirnantan, Sulawesi, dan Filipina. Flora yang ada misalnya: Bunga Bangkai.
6. Wilayah Australian, yaitu tumbuhan yang wilayah persebarannya mencakup kawasan Australia, Selandia Baru, Irian, Maluku, pulau-pulau di sekitarnya, dan kepulauan di Samudera Pasifik. Contohnyan adalah: Eukaliptus.

Bentuk penyebaran atau distribusi tumbuhan dalam suatu populasi bisa bermacam-macam, pada umumnya memperlihatkan tiga pola penyebaran, yaitu

1. Penyebaran secara acak, biasanya terjadi apabila faktor lingkungan sangat beragam untuk seluruh daerah dimana populasi berada. Dalam tumbuhan ada bentuk-bentuk organ tertentu yang menunjang untuk terjadinya penyebaran secara acak, tetapi umumnya pola ini jarang terdapat di alam
2. Penyebaran secara merata, umumnya terdapat pada tumbuhan, yaitu penyebaran yang terjadi apabila ada persaingan yang kuat antara individu-individu dalam populasi tumbuhan, misalnya persaingan untuk mendapatkan nutrisi dan ruang.
3. Penyebaran secara berkelompok, merupakan bentuk yang paling umum di alam, terutama untuk hewan. Pengelompokan ini disebabkan oleh respon dari organisme terhadap perbedaan habitat secara lokal dan respon dari organisme terhadap perubahan cuaca musiman akibat dari cara atau proses reproduksi atau regenerasi.

Menurut Chandrasekaran *et al.* (2010), terdapat 3 teori terkait adaptasi dan distribusi, yaitu **teori toleransi** (*theory of tolerance*), **teori penghindaran** (*theory of avoidance*), dan **teori faktor tergantikan** (*theory of factors replaceability*). Teori toleransi, yaitu setiap organisme hidup atau tumbuhan dapat berkembang dengan baik pada kondisi iklim tertentu di bawah dan di atas mana tanaman tidak dapat tumbuh. Suhu adalah salah satu faktor pembatas yang paling umum terjadi pada distribusi tanaman. Banyak tanaman tropis seperti karet, kakao, dan pisang tidak tahan dengan suhu beku (0 ^{0}C). Karet mungkin memiliki rentang toleransi tersempit dan pisang merupakan kisaran terluas untuk toleransi suhu. Teori penghindaran dilakukan oleh tanaman melalui penyelesaian siklus hidup yang cepat, atau dormansi pada biji untuk menghindari efek pada periode terpanas dan terkering, dormansi pada bagian vegetatif atau akar dari semua tanaman keras, akumulasi air dalam succulents, dan sistem akar yang dalam untuk menghindari kekurangan air.

Teori faktor tergantikan, umumnya dilakukan secara buatan dimana dengan menggantikan faktor yang satu dengan yang lain secara bersesuaian. Misalnya, kondisi iklim di garis lintang 35-45 °LU suhunya menyerupai daerah tropis pada ketinggian 4000-6000 kaki. Jadi, tanaman yang biasa tumbuh di garis lintang 35-45 ^{0}LU dapat ditanamn di daerah tropis pada ketinggian 4.000-6.000 kaki. Curah hujan dapat digantikan oleh kabut dan sampai batas tertentu oleh embun, dan lain-lain.

3.3. Faktor Lingkungan Tanaman

Tanaman seperti halnya mahluk hidup lainnya, membutuhkan lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangannya. Faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan, perkembangan dan produktivitas tanaman dapat dibedakan menjadi dua ketagori umum, yaitu lingkungan di atas tanah (*above ground environmental*) dan lingkungan di bawah tanah (*below ground environmental*). Memahami karakteristik dan peran penting masing-masing faktor lingkungan dalam mengelola tanaman sangat penting dalam rangka mendapatkan hasil terbaik. Dalam kasus tertentu kita merasa puas dengan tindakan budidaya yang diaplikasikan dapat menghasilkan dengan baik karena didukung lingkungan yang memuaskan, tetapi dalam kasus lainnya hasilnya sangat kurang memuaskan karena saat itu faktor lingkungan tidak mendukung. Mempelajari faktor lingkungan tanaman dapat membantu kita dalam merencanakan tindakan budidaya yang diperlukan, sekaligus dalam rangka konservasi tanah dan air serta meminimalisir terjadinya polusi terhadap lingkungan di tingkat *on-farm* dan *off-farm*.

3.3.1. Lingkungan di Atas Tanah

Faktor lingkungan di atas tanah dapat dibedakan menjadi dua tipe, yaitu faktor abiotik (*non-living*) dan faktor biotik (*living organism*). Faktor lingkungan abiotik terdiri atas cahaya, udara, air, dan suhu.

Iklim adalah kombinasi berbagai faktor lingkungan di atas tanah (temperatur, kelembaban udara, cahaya matahari, dan udara) yang mencirikan keadaaan lingkungan suatu daerah. Iklim menentukan tanaman apa yang dapat diusahakan di daerah bersangkutan. Lingkungan disekitar pertanaman disebut dengan **iklim mikro**. Iklim mikro ini memegang peranan penting dalam proses-proses yang terjadi dalam individu tanaman seperti evaporasi (kehilangan air dari permukaan bebas), transpirasi (kehilangan air dari permukaaan tanaman) dan juga mempengaruhi tingkat serangan hama dan penyakit.

Cuaca adalah pengaruh gabungan dari interaksi antara suhu, curah hujan, angin, cahaya dan kelembaban relatif terhadap suatu tempat spesifik lokal tertentu. Cuaca sifatnya sangat dinamis, bisa berubah setiap saat, perbedaaannya bisa harian, mingguan, bulanan atau musiman. Perubahan cuaca lokal setempat yang berulang secara teratur dari tahun ke tahun menghasilkan iklim spesifik di tempat tersebut. Cuaca suatu daerah juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti lintang, ketinggian tempat dan karakter geografis wilayah yang bersangkutan seperti adanya gunung atau danau. Semakin tinggi dari permukaan laut maka semakin dingin daerahnya. Tanaman apapun jenis dan spesiesnya pasti membutuhkan iklim yang stabil untuk dapat berproduksi secara optimal.

3.3.1.1. Cahaya

Cahaya matahari merupakan faktor utama diantara faktor iklim yang lain, tidak hanya sebagai sumber energi primer tetapi karena pengaruhnya terhadap keadaan faktor-faktor iklim yang lain seperti suhu, kelembaban dan angin. Respon tanaman terhadap cahaya pada dasarnya dapat dibagi menjadi tiga aspek, yaitu intensitas, kualitas dan fotoperiodisitas. Ketiga aspek ini mempunyai pengaruh yang berbeda satu dengan yang lainnya, demikian juga keadaannya di alam.

Intensitas cahaya adalah banyaknya energi yang diterima oleh suatu tanaman per satuan luas dan per satuan

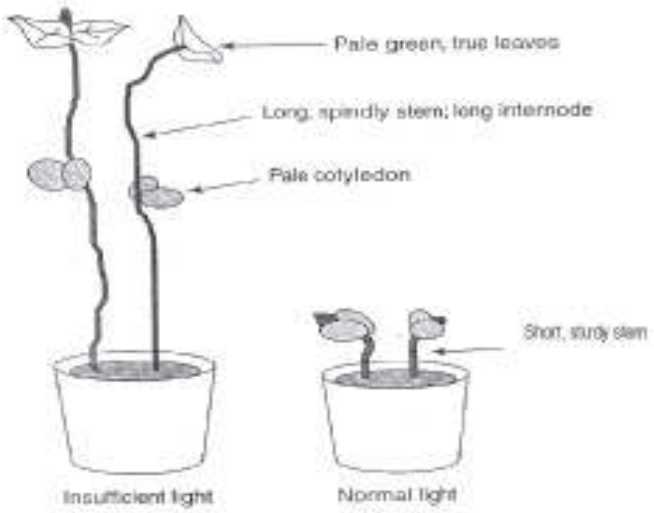
waktu (kal/cm2/hari). Pengertian intensitas disini sudah termasuk didalamnya lama penyinaran, yaitu lama matahari bersinar dalam satu hari, karena satuan waktunya menggunakan hari. Besarnya intensitas cahaya yang diterima oleh tanaman tidak sama untuk setiap tempat dan waktu, karena tergantung dari: (a) jarak antara matahari dan bumi, misalnya pada pagi dan sore hari intensitasnya lebih rendah dari pada siang hari karena jarak matahari lebih jauh. Juga di daerah sub tropis, intensitasnya lebih rendah dibanding daerah tropis. Demikian pula di puncak gunung intensitasnya (1,75 g.kal/cm2/menit) lebih tinggi dari pada di dataran rendah (di atas permukaan laut = 1,50 g.kal /cm2/menit); (b) tergantung pada musim, misalnya pada musim hujan intensitasnya lebih rendah karena radiasi matahari yang jatuh sebagian diserap awan, sedangkan pada musim kemarau pada umumnya sedikit awan sehingga intensitasnya lebih tinggi; dan (c) tergantung letak geografis, sebagai contoh daerah di lereng gunung sebelah utara/ selatan berbeda dengan lereng sebelah timur/barat. Di lereng bukit sebelah timur/barat tanaman menerima sinar matahari lebih sedikit karena lama penyinarannya lebih pendek disebabkan terhalang oleh gunung.

Pengaruh intensitas cahaya terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman berhubungan erat dengan proses fotosintesis. Dalam proses ini energi cahaya diperlukan untuk berlangsungnya penyatuan CO_2 dan air untuk membentuk karbohidrat. Semakin besar jumlah energi yang tersedia sampai batas tertentu akan memperbesar jumlah hasil fotosintesis sampai dengan optimum (maksimum). Untuk menghasilkan berat kering yang maksimal, tanaman memerlukan intensitas cahaya penuh. Namun demikian intensitas cahaya yang sampai pada permukaan kanopi tanaman sangat bervariasi, hal ini merupakan salah satu sebab potensi produksi tanaman aktual belum diketahui. Besarnya kuat cahaya yang mengenai bidang sasaran ada yang menyatakan dengan satuan *foot candle* (ft-c) dari Inggris. Ft-c menggambarkan kuat penyinaran yang dipancarkan oleh satu lilin standar yang mengenai permukaan bidang sasaran seluas 1 *square foot* (= 928,088

cm^2) pada radius penyinaran 12 inchi (= 30,48 cm). Dalam praktik sehari-hari cahaya bulan diperkirakan mempunyai kuat cahaya 0,05 ft-c, sinar untuk membaca besarnya 20 ft-c, sedangkan untuk proses fotosintesis minimal antara 100-200 ft-c.

Intensitas cahaya rendah dapat digunakan oleh tanaman dengan lebih efisien dibandingkan intensitas cahaya tinggi, tetapi intensitas cahaya yang terlalu rendah justru menghambat dan merusak pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Tanaman di tempat gelap atau mendapat sinar redup (*dim light*) misalnya pada tempat ternaungi tumbuhnya tinggi kurus (*tall and spindy*) dengan daun kekuningan yang disebut dengan etiolasi (Gambar 4).

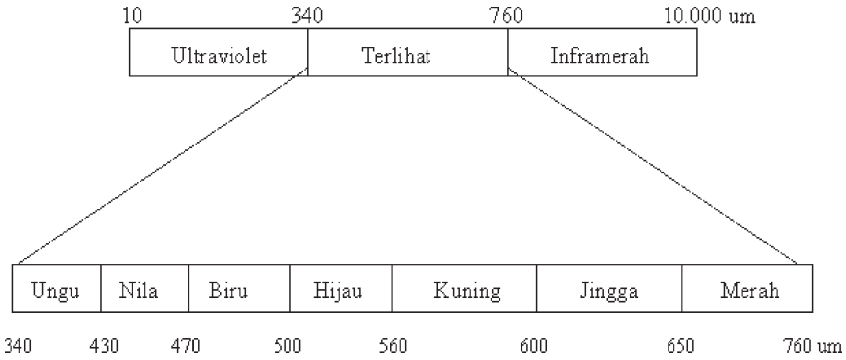
Kualitas cahaya matahari ditentukan oleh proporsi relatif panjang gelombangnya, selain itu kualitas cahaya tidak selalu konstan namun bervariasi dari musim ke musim, lokasi geografis serta perubahan komposisi udara di atmosfer. Cahaya matahari yang sampai pada tajuk atau kanopi tanaman tidak semuanya dapat dimanfaatkan, sebagian dari cahaya tersebut diserap, sebagian ditransmisikan, atau bahkan dipantulkan kembali.



Gambar 4. Pengaruh intensitas cahaya rendah atau gelap terhadap tanaman

Pengertian cahaya berkaitan dengan radiasi yang terlihat (visible) oleh mata, dan hanya sebagian kecil saja yang diterima dari radiasi total matahari.

Radiasi matahari terbagi dua, yaitu yang bergelombang panjang (*long wave radiation*) dan yang bergelombang pendek (*short wave radiation)*. Batas terakhir dari radiasi gelombang pendek adalah radiasi ultraviolet, sedangkan batas akhir radiasi gelombang panjang adalah sinar inframerah. Radiasi dengan panjang gelombang antara 400 hingga 700 um adalah yang digunakan untuk proses fotosintesis. Ukuran panjang gelombang masing-masing radian tersebut terdapat pada Gambar 5.



Gambar 5. Panjang gelombang radiasi matahari

Cahaya matahari yang sampai ke bumi hanya sebagian saja dari yang dipancarkan, selebihnya cahaya tersebut tersaring oleh beberapa komponen atmosfer atau dipantulkan kembali ke angkasa luar. Cahaya matahari gelombang pendek tersaring dan diserap oleh lapisan ozon (O_3) di atmosfer, sedangkan cahaya gelombang panjang tersaring oleh uap air di udara, cahaya gelombang panjang lainnya dipecahkan/dipencarkan dan dipantulkan oleh awan dan lapisan debu di atas permukaan bumi.

Pengaruh kualitas cahaya terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman telah banyak diselidiki, dimana diketahui bahwa spektrum yang nampak (*visible*) diperlukan

untuk pertumbuhan tanaman. Apabila tanaman ditumbuhkan pada cahaya biru saja daunnya akan berkembang secara normal, namun batangnya akan menunjukkan tanda-tanda terhambat pertumbuhannya. Apabila tanaman ditumbuhkan pada cahaya kuning saja, cabang-cabangnya akan berkembang tinggi dan kurus dengan buku (*internode*) yang panjang dan daunnya kecil-kecil. Dari penelitian tersebut telah membuktikan bahwa cahaya biru dan merah memegang peranan penting untuk berlangsungnya proses fotosintesis.

Fotoperiodisitas atau panjang hari didefinisikan sebagai panjang atau lamanya siang hari dihitung mulai dari matahari terbit sampai terbenam ditambah lamanya keadaan remang-remang (selang waktu sebelum matahari terbit atau setelah matahari terbenam pada saat matahari berada pada posisi 6^0 di bawah cakrawala). Panjang hari tidak terpengaruh oleh keadaan awan seperti pada lama penyinaran yang bisa berkurang bila matahari tertutup awan, sedang panjang hari tetap.

Panjang hari berubah beraturan sepanjang tahun sesuai dengan deklinasi matahari dan berbeda pada setiap tempat menurut garis lintang. Pada daerah equator panjang hari sekitar 12 jam per harinya, semakin jauh dari equator panjang hari dapat lebih atau kurang sesuai dengan pergerakan matahari. Secara umum dapat dikatakan bahwa semakin lama tanaman mendapatkan pencahayaan matahari, semakin intensif proses fotosintesis, sehingga hasil akan tinggi. Akan tetapi fenomena ini tidak sepenuhnya benar karena beberapa tanaman memerlukan lama penyinaran yang berbeda untuk mendorong fase pembungaan. Fotoperiodisitas tidak hanya berpengaruh terhadap jumlah makanan yang dihasilkan oleh suatu tanaman, tetapi juga menentukan waktu pembungaan pada banyak tanaman.

Berdasarkan respon tanaman terhadap panjang hari (fotoperiodisme) maka tanaman dapat digolongkan menjadi tiga kelompok, yaitu: a) golongan tanaman hari panjang (*long day plants*), b) tanaman hari pendek (*short day plants*), dan c) tanaman hari netral (*neutral day plants*). Disamping itu

dikenal pula panjang hari kritis yaitu panjang hari maksimum (untuk tanaman hari pendek) dan minimum (untuk tanaman hari panjang) dimana inisiasi pembungaan masih terjadi. Panjang hari kritis berbeda-beda menurut jenis tanaman dan bahkan varietas. Apabila tanaman hari pendek ditumbuhkan pada hari panjang, akan menghasilkan banyak karbohidrat dan protein yang digunakan untuk perkembangan batang dan daun. Oleh karenanya tanaman hari pendek yang ditumbuhkan pada hari panjang secara ekstrim akan tumbuh vegetatif, tidak mampu membentuk bunga dan buah. Sebaliknya apabila tanaman hari panjang ditumbuhkan pada hari pendek akan menghasilkan sedikit karbohidrat dan protein sehingga pertumbuhan vegetatifnya lemah dan tidak berbunga.

Respon tanaman terhadap panjang hari sering dihubungkan dengan pembungaan, namun sebenarnya banyak aspek pertumbuhan tanaman yang dipengaruhinya, antara lain : (a) inisiasi bunga, (b) produksi dan kesuburan putik dan tepungsari, misalnya pada jagung, (c) pembentukan umbi pada tanaman kentang, bawang putih dan ubi-ubian yang lain, (d) dormansi benih, terutama biji gulma dan perkecambahan biji pada tanaman bunga, dan (e) pertumbuhan tanaman secara keseluruhan, seperti pembentukan anakan, percabangan dan pertumbuhan memanjang. Beberapa contoh tanaman hortikultura hari panjang, hari pendek dan hari netral dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Tanaman hari panjang, hari pendek dan hari netral

Kelompok	Tanaman hari pendek	Tanaman hari panjang	Tanaman hari netral
Sayuran	Kentang, ketela rambat kacang-kacangan	Bayam, lobak, selada	Tomat, lombok, okra
Buah	Strawberry	-	Strawberry
Bunga	Chrysanthemum, Cosmos bouvardia, Stevia poinsetia	China aster, gardenia, delphinium	Carnation, dianthus, Violet cyclamon

Di Indonesia panjang hari tidak banyak berbeda dari bulan ke bulan selama satu tahun, perbedaan hari terpanjang dan terpendek hanya 50 menit. Semakin jauh dari equator perbedaan panjang hari akan semakin besar. Dengan demikian pengaruh panjang hari terhadap tanaman juga jarang ditemui di daerah tropika. Pengetahuan tentang panjang hari ini sangant penting bila akan mengadakan introduksi suatu varietas baru dari luar negeri, atau pemilihan varietas yang cocok untuk suatu daerah, dan bagi pemulia tanaman dalam upaya mendapatklan varietas baru yang tahan terhadap panjang hari (tanaman hari netral).

3.3.1.2. Suhu.

Pengertian suhu mencakup dua aspek, yaitu derajat dan insolasi (suhu suatu daerah). Insolasi menunjukkan energi panas dari matahari dengan satuan gram/kalori/cm^2/jam, mirip dengan pengertian intensitas pada radiasi matahari. Satu gram kalori adalah sejumlah energi yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu satu gram air sebesar 1^0C. Jumlah insolasi atau suhu suatu daerah tergantung pada: (a) letak lintang (*latitude*) suatu daerah. Di katulistiwa insolasi lebih besar dan sedikit bervariasi dibandingkan dengan sub-tropis dan daerah sedang. Dengan semakin bertambahnya latitude insolasi semakin kecil, karena sudut jatuh radiasi matahari semakin besar atau jarak antara matahari dan permukaan bumi semakin jauh. Akan tetapi insolasi total untuk satu musim pertumbuhan tanaman hampir sama karena panjang hari yang lebih lama; (b) altitude (tinggi tempat dari permukaan laut). Semakin tinggi altitude maka insolasi semakin rendah, setiap naik 100 m suhu turun 0,6 ^{0}C; (c) musim berpengaruh terhadap insolasi dalam kaitannya dengan kelembaban udara dan keadaan awan; dan (d) angin juga sering berpengaruh terhadap insolasi, apalagi bila angin tersebut membawa uap panas. Selain keragaman atar daerah, suhu juga bervariasi berdasarkan waktu, baik suhu udara maupun suhu tanah (pagi-siang-sore).

Pengaruh suhu terhadap pertumbuhan tanaman dikenal sebagai suhu kardinal yaitu meliputi suhu optimum (pada

kondisi ini tanaman dapat tumbuh baik), suhu minimum (pada suhu di bawahnya tanaman tidak dapat tumbuh), serta suhu maksimum (pada suhu yang lebih tinggi tanaman tidak dapat tumbuh). Suhu kardinal untuk setiap jenis tanaman memang bervariasi satu dengan lainnya.

Pengaruh suhu terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman dibedakan menjadi 2 yaitu, batas suhu yang membantu pertumbuhan dan perkembangan tanaman, dan batas suhu yang tidak membantu pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Batas suhu yang membantu pertumbuhan dan perkembangan tanaman diketahui sebagai batas suhu optimum. Pada batas ini semua proses dasar seperti fotosintesis, respirasi, penyerapan air, transpirasi, pembelahan sel, perpanjangan sel dan perubahan fungsi sel akan berlangsung baik dan tentu saja akan diperoleh produksi tanaman yang tertinggi. Batas suhu optimum tidak sama untuk semua tanaman, sebagai contoh apel, kentang, sugar-beet menghendaki suhu yang lebih rendah dibandingkan : tanaman jeruk, ketela rambat atau gardenia. Berdasarkan hal ini tanaman hortikultura dikelompokkan menjadi:

a. Tanaman yang menghendaki batas suhu optimum yang rendah (tanaman musim dingin), yaitu tanaman yang tumbuh baik pada suhu antara : 45^0 - 60^0F.

Tabel 5. Contoh tanaman hortikultura berdasarkan suhu yang dikehendaki.

Tanaman musim dingin (optimum pada suhu 45^0-60^0F)		
Tanaman Buah-buahan	Tanaman Sayuran	Tanaman Bunga & Hias
Apel, pear, cherry, plum, strawberry, grape, blackberry, raspberry	Asparagus, spinach, lectuce, kobis, beet, wortel, ercis (pea), kentang	Carnation, geranium, petunia, zennia, pansy
Tanaman musim panas (optimum pada suhu 60^0- 75^0 F)		
Peach, apricot, citrus, olive, fig, persimon, grape	Tomat, lombok, terong, ketimun, semangka, waluh, cantaloupe, beans (kacang-kacangan)	Rose, poinsettia, gardenia, euphorbia, amaryllis, orchid

b. Tanaman yang menghendaki batas suhu optimum yang tinggi (tanaman musim panas), yaitu tanaman yang tumbuh baik pada suhu antara : 60^0- 75^0F.

Batas suhu yang tidak menguntungkan dikelompokkan menjadi: (1) suhu di atas optimum yaitu tanaman yang tumbuh pada kondisi ini pada akhir pertumbuhannya biasanya menghasilkan produksi yang rendah. Hal ini disebabkan kurang adanya keseimbangan antara besarnya fotosintesis yang dihasilkan dan berkurangnya karbohidrat karena adanya respirasi. Bertambahnya suhu akan mempercepat kedua proses ini, tetapi di atmosfer di atas batas optimum, proses respirasi akan berlangsug lebih besar dari pada fotosintesis, sehingga bertambah tingginya suhu tersebut akan mengakibatkan berkurangnya produksi; dan (2) suhu di bawah batas optimum yaitu tanaman yang tumbuh pada kondisi ini akan menghasilkan pertumbuhan yang kurang baik dan produksinya akan lebih rendah. Hal ini disebabkan pada suhu yang rendah besarnya fotosintesis yang dihasilkan dan protein yang dibentuk dalam keadaan minimum, akibatnya pertumbuhan dan perkembangan lambat dan produksi rendah.

Pada suhu ekstrim tanaman akan mengalami kerusakan. Di Indonesia kerusakan tanaman terhadap suhu ekstrim jarang sekali terjadi, karena pada umumnya di daerah tropika variasi suhu tidak terlalu besar. Namun di daerah beriklim sedang kerusakan tanaman akibat suhu rendah sering terjadi, demikian pula di daerah gurun pasir kerusakan akibat suhu tinggi. Ada beberapa terminologi untuk kerusakan tanaman sebagai akibat suhu rendah, yaitu:

a. Sufokasi (*suffocation*), lambatnya pertumbuhan tanaman karena permukaan tanah tertutup lapisan salju, misalnya kekurangan oksigen dalam tanah.
b. Desikasi (*desiccation*) atau disebut dengan istilah kekeringan fisiologis, bukan karena tidak ada air dalam tanah melainkan absorpsi air oleh akar terhambat karena berkurangnya permeabilitas selaput akar atau karena naiknya viskositas air dalam tanah dan bahkan membeku.

c. *Heaving* yaitu kerusakan tanaman karena hubungan akar dan bagian atas tanaman terputus disebabkan adanya kristal es pada permukaan tanah.
d. *Chilling* adalah kerusakan akibat suhu rendah di atas titik beku (suhu <4^{0}C), gejalanya ada garis-garis khlorosis pada daun.
e. *Freezing Injury* adalah pembekuan dalam jaringan tanaman yang berupa kristal es didalam atau di antara sel sehingga tanaman rusak secara mekanis, akibatnya bagian tanaman atau seluruh tanaman mati.

Selain kerusakan karena suhu rendah, suhu tinggipun juga merusak tanaman bila berada pada tingkat ekstrim. Beberapa kerusakan tanaman akibat suhu tinggi antara lain timbulnya kanker batang, rusaknya protoplasma sehingga sel menjadi rusak dan tanaman mati, dan respirasi meningkat secara cepat sehingga cadangan makanan (karbohidrat) hasil fotosintesis cepat habis.

Masih dalam kaitannya dengan respon tanaman terhadap suhu, proses pembungaan tanaman dapat dipercepat dengan *chilling* (yaitu suhu rendah <4^{0}C). Cara ini yang sering disebut dengan vernalisasi, yang keberhasilannya ditentukan oleh: (a) benih mendapat air mencukupi (tersedia sukup air) untuk proses imbibisi tetapi tidak boleh terlalu banyak yang dapat menyebabkan benih berkecambah, (b) adanya periode "pre-chilling" selama 10-24 jam pada suhu 15-18^{0}C setelah pembasahan benih; c) oksigen cukup tersedia, dan d) suhu chilling sebesar 1-6^{0}C selama 48 jam.

Dalam bidang pertanian dikenal istilah satuan panas (*heat unit*) yaitu jumlah panas yang dibutuhkan tanaman selama siklus hidupnya. Satuan panas tidak sama untuk setiap jenis tanaman. Pada tanaman yang sama, umur panen akan lebih panjang bila ditanam pada daerah bersuhu rendah karena untuk mendapatkan sejumlah satuan panas tertentu dibutuhkan waktu lebih lama. Sehingga kegunaan praktis dari satuan panas ini adalah untuk meramal saat panen yang tepat setelah mengetahui secara umum berdasarkan deskripsi yang ada. Walaupun demikian perlu diingat bahwa satuan panas bukan merupakan satu-satunya faktor yang

menentukan umur panen. Masih banyak faktor lain yang perlu diperhatikan karena pengaruhnya cukup besar terhadap umur panen, antara lain: (1) kesuburan tanah, dimana tanah yang terlalu subur terutama kandungan unsur N tinggi akan mempercepat panen; (2) kandungan air dalam tanah dan kelembaban udara, tanaman yang tumbuh pada kondisi basah akan terpacu dominasi pertumbuhan vegetatifnya dari pada yang tumbuh pada kondisi kering; dan (c) radiasi matahari, kaitannya dengan panjang hari akan berpengaruh pada inisiasi pembungaan yang pada akhirnya mempengaruhi umur panen.

Adanya pengaruh suhu yang menyolok terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman hortikultura menyebabkan penuhnya perhatian dan betapa hati-hatinya pengusaha tanaman hortikultura dalam mempertahankan suhu malam untuk rumah kaca, digunakan sistem kontrol dengan termostat. Dengan cara ini panas diatur. Bila suhu mendekati batas paling bawah kisaran suhu optimum, katup terbuka dan mengalirlah uap air panas dalam pipa-pipa, dan bila suhu mendekati batas atas, katup tertutup dan uap tidak mengalir. Di Indonesia, pengaturan suhu demikian masih terlalu mahal. Pengaturan hanya dengan pemilihan ketinggian tempat atau altitude untuk menanam jenis-jenis tertentu yang memiliki syarat suhu malam berbeda.

Bagi keadaan di Indonesia, pengaruh yang tidak *favorable* dari suhu ialah s*uhu tanam di atas kisaran malam optimum*. Tanaman yang terkena suhu malam di atas kisaran suhu optimumnya, khususnya pada tahap pertumbuhan akhir, biasanya rendah hasilnya. Hal ini disebabkan, pada suhu malam di atas kisaran suhu optimum, laju fotosintesis tetap tinggi, namun laju respirasi naik pesat. Akibatnya karbohidrat untuk pertumbuhan dan hasil panen menjadi berkurang. Agar tanaman tumbuh dan berkembang cepat, laju fotosintesis harus selalu lebih besar dari laju respirasi, makin besar selisihnya makin besar hasil panen. Semua ini menjelaskan mengapa hasil kentang yang merupakan tanaman musim sejuk, jauh lebih tinggi hasilnya bila ditanam di Pengalengan, Wonosobo dan Tengger dibanding bila ditanam di Bogor dan Ciawi. Demikian pula bunga anyelir

menghasilkan bunga yang lebih besar dan lebih harum bila ditanam di Cibodas dibanding di Megamendung (Harjadi, 1996).

3.3.1.3. Faktor Biotik

Lingkungan tanaman di atas tanah dapat mengandung mikrooganisme yang bersifat patogen terhadap tanaman. Iklim mempengaruhi faktor biotik di atas tanah, termasuk hama dan penyakit tanaman hortikultura. Serangan hama dan penyakit dapat terjadi karena ada tanaman inang yang peka, ada pathogen dan lingkungan yang cocok yang disebut dengan segi tiga penyakit (*disease triangle*). Serangan hama dan penyakit tidak akan terjadi apabila salah satu dari segi tiga penyakit tersebut tidak mendukung.

3.3.2. Lingkungan di Bawah Tanah

3.3.2.1. Tanah

Tanah merupakan medium utama untuk menumbuhkan tanaman. Namun dengan teknologi modern tanaman dapat ditanam pada berbagai media lainnya seperti air, arang sekam, kerikil, atau campuran berbagai media tertentu dalam pot (*potting media*). Media campuran tersebut sering disebut media buatan tanpa tanah (*soilless mixes*) karena material penyusunnya tidak asli dari tanah, walaupun sesungguhnya campuran tersebut banyak yang mengandung tanah.

Fungsi tanah dalam produksi tanaman adalah untuk menyokong tanaman secara fisik sehingga dapat tumbuh tegak serta sebagai sumber hara dan air (kelembaban) bagi pertumbuhan tanaman. Dalam kaitannya dengan kemampuan tanah menyediakan nutrisi bagi tanaman, tanah dibedakan atas tanah subur, kurang subur dan tanah marjinal. Kesuburan tanah terkuras dari tahun ketahun sehingga perlu dipupuk secara periodik.

Secara vertikal (dari atas ke bawah), tanah terdiri atas beberapa lapisan yang disebut dengan horison tanah. Lapisan-lapisan tersebut secara bersama-sama membentuk profil tanah. Profil tanah terdiri atas 3 bagian, yaitu:

a. Lapisan atas (*top soil/A-horizon*), yaitu lapisan tanah paling atas tempat sebagian besar akar tanaman ditemukan. Warnanya umumnya lebih gelap sebab mengandung bahan organik tinggi. Lapisan ini sering disebut tanah pertanian (*agricultural soil*) yang terganggu selama persiapan lahan untuk tujuan budidaya. Lapisan ini juga merupakan lapisan yang mengalami pencucian hara (*leaching*) dan pelapukan (*weathering*) paling besar.
b. Lapisan subsoil (*sub soil/B and C-horizon*), yaitu lapisan transisi pada profil tanah yang merupakan zone penangkap (*catch zone*) bagi partikel dan mineral tanah yang bergeraak dari lapisan top soil karena pengaruh air. Horison ini mengakumulasi liat, kalsium karbonat dan oksida tanah. Kandungan bahan organiknya rendah dan sebagian kecil akar dapat ditemukan pada lapisan ini.
c. Bahan induk tanah (*parent material/substratun/R-horizon*), yaitu lapisan bahan induk tanah yang merupakan sumber dari pembentuk lapisan tanah diatasnya.

Karena jenis tanaman sangat beraneka ragam, baik jenis tanamannya maupun penggunaanya, persyaratan tanah untuk tumbuh optimalnya juga sangat beraneka. Banyak tanaman menggunakan tempat buatan yang disesuaikan dengan persyaratan yang diminta oleh tanaman besangkutan. Tempat buatan tersebut dapat berupa medium tumbuh yang terbuat dari campuran tanah, bahan organik, pupuk dan/atau rumah kaca yang kondisi cahaya, suhu dan kelembabannya dapat diatur. Sehingga sangat sulit untuk menyebutkan persyaratan tanah yang berlaku untuk semua tanaman.

Pengembangan jenis tanaman tertentu seperti hortikultura memungkinkan penggunaan tanah pertanian dihemat, karena hortikultura dapat dikembangkan dilahan

sempit dengan menanam secara vertikal, dengan media buatan, baik dipedesaan maupun di sela-sela bangunan dan pekarangan rumah di perkotaan. Dengan media tumbuh buatan (tanah buatan), pengembangan hortikultura tidak dibatasi oleh ketersediaan hamparan tanah alami yang sesuai. Hal ini dapat mengurangi perebutan penggunaan lahan dan mengurangi alih fungsi lahan pertanian. Sudah barang tentu tidak semua budidaya hortikultura dapat dilakukan dalam media buatan. Tanaman yang diproduksi untuk melayani penduduk dalam jumlah banyak seperti kentang, cabai atau tanaman dengan habitus besar dan pohon buah seperti kelapa dan mangga harus dibudidayakan di lahan sungguhan. Tanaman tersebut dapat ditanam di media buatan, tetapi hanya untuk skala kecil dan untuk hobby. Bagian kegiatan budidaya tanaman yang dapat sepenuhnya dapat dikerjakan pada tempat tumbuh buatan adalah pembenihan dan pembibitan.

Budidaya dengan media buatan atau disebut juga dengan budidaya tanpa tanah (*soiless culture*) dikenal dengan istilah hidroponik, yang secara harfiah berarti *pekerjaan air*. Jenis-jenis hidroponik antara lain (Roberto, 2003):

1. Kultur air, yaitu jenis hidroponik dimana akar tanaman dicelupkan dalam larutan hara (air dan hara) dengan susunan berimbang pada wadah dan teknik tertentu.
2. Aeroponik, yaitu jenis hidroponik dimana akar tanaman berada di udara tetapi secara berkala dijenuhkan dengan kabut larutan hara (aerosol hara) untuk menghemat penggunaan air dan hara.
3. Kultur pasir, yaitu jenis hidroponik dimana akar tanaman ditumbuhkan dalam subtrat padat anorganik (pasir, plastik, atau bahan anorganik yang lain) berdiameter < 3 mm.
4. Kultur kerikil, yaitu jenis hidroponik yang sama seperti kultur pasir dimana akar tanaman ditumbuhkan dalam subtrat padat anorganik tetapi ukuran partikelnya lebih besar dengan diameter > 3 mm.
5. Vermikulaponik, yaitu jenis hidroponik dimana akar tanaman ditumbuhkan dalam subtrat dari mineral lempung vermikulit dengan atau dicampur dengan bahan anorganik lain.

6. Kultur batuan wol (*rock woll*), yaitu jenis hidroponik dimana akar tanaman ditumbuhkan dalam subtrat perakaran yang terbuat dari batual wol. Batuan wol adalah bahan yang tampak seperti wol berupa anyaman serat-serat halus yang terbuat dari batuan tertentu.

3.3.2.2. Air

Air sering menjadi faktor pembatas bagi pertumbuhan tanaman. Dalam pembicaraan suplai air sebagai pembatas, faktor lain diasumsikan dalam keadaan favorabel bagi pertumbuhan dan perkembangan. Suhu siang dan malam, serta intensitas cahaya dalam kisaran optimum, periode cahaya dan gelap cocok untuk tanaman, unsur-unsur esensialnya juga dalam keadaan *favorabel*. Dalam kaitannya dengan suplai air sebagai faktor pembatas, pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu suplainya cukup (*favorable*), suplai kekurangan, dan suplai kelebihan.

Pada kondisi suplai air favorabel, laju absorpsi air menjamin laju transpirasi. Dalam kondisi demikian sel penjaga dan sel-sel yang mengelilinginya bersifat turgid dan stomata terbuka. Akibatnya, karbondioksida berdifusi secara cepat ke dalam daun dan fotosintesis berlangsung dengan laju tinggi. Dengan laju fotosintesis yang tinggi selama siang hari dan laju respirasi normal selama siang dan malam, banyak karbohidrat tersedia untuk pertumbuhan dan perkembangan; dan bila tanaman telah diperlakukan dengan baik, terutama dalam pengertian fase vegetatif-reproduktif, hasil yang terpasarkan akan tinggi. Jadi, bila lingkungan menyebabkan laju transpirasi yang tinggi oleh intensitas cahaya tinggi atau suhu tinggi, atau udara kering atau angin kencang, atau kombinasi dari faktor-faktor tersebut, maka suplai air tersedia dalam tanah, daya absorpsi air dari daerah rambut akar dan permukaan absorpsi harus sepadan tingginya. Sebaliknya, bila lingkungan menyebabkan laju transpirasi yang rendah, suplai air dalam tanah yang relatif rendah, atau daya isap air yang rendah dari daerah rambut akar, atau permukaan

absorpsi yang sempit atau kombinasi dari faktor-faktor ini boleh jadi cukup untuk memasok tanaman dengan jumlah air yang cukup. Dengan kata lain, bila suplai air merupakan faktor pembatas, laju absorpsi dan laju transpirasi harus diperhatikan bersama-sama. Pada suplai air favorable, laju absorpsi seimbang/sama besarnya dengan laju transpirasi, sel penjaga turgid, stomata terbuka, karbondioksida berdifusi ke dalam daun secara cepat, laju fotosintesis tinggi, laju respirasi normal dan banyak karbohidrat tersedia bagi pertumbuhan.

Pada suplai kekurangan, pengaruhnya terhadap pertumbuhan berbeda antara kekurangan ringan dan kekurangan ekstrim. Pada umumnya, pengaruhnya yang segera ialah pengurangan ukuran sel di daerah pemanjangan sel. Jadi, sel-sel yang terbentuk berukuran lebih kecil. Hal ini menjelaskan mengapa tanaman yang tumbuh dengan sedikit kekurangan air, membentuk batang yang pendek ruasnya dan mengapa daun-daunnya, bunga-bunga dan buah-buahnya berukuran kecil. Pengaruh berikutnya ialah pengurangan laju fotosintesis. Laju absorpsi jauh lebih rendah dari laju transpirasi, sel-sel penjaga kehilangan turgornya dan jadi kempis, stomata menutup sebagian atau secara sempurna. Akibatnya, laju difusi karbondioksida ke dalam sel-sel pembuat karbohidrat rendah, dan laju pembentukan bahan-bahan pangan awal juga rendah. Hanya sedikit karbohidrat, pigmen, lemak, protein, dan zat-zat lain yang dibentuk; pertumbuhan lambat, dan hasil yang dapat dipanen/dipasarkan jadi rendah. Bila laju transpirasi tinggi dan laju absorpsi air rendah, stomata mulai menutup pada siang hari. Pada kondisi ekstrim yaitu laju absorpsi sangat rendah dibarengi laju transpirasi tinggi, stomata tertutup mulai pagi hari dan akan terus demikian sepanjang hari. Pengaruh suplai kekurangan menjelaskan mengapa hasil yang dapat dipasarkan rendah, buah-buah yang dipanen kecil dan kusam, tidak mengkilat. Pengaruh ekstrim megakibatkan kelayuan. Bila tanaman layu, sel-sel penjaga stomata betul-betul kempis dan stomata tertutup, dan akibatnya fotosintesis terhenti. Oleh karena respirasi berlangsung terus, tanaman berkurang bobot keringnya. Bila

kelayuan berjalan terus, tanaman terus kelaparan, dan akhirnya mati.

Pada umumnya gejala awal kekurangan air pada fase vegetatif adalah berkurangnya laju perluasan batang dan cabang-cabang diikuti pembentukan daun-daun yang berwarna hijau tua, sehat tapi relatif berukuran kecil. Ini diikuti terbentuknya batang-batang atau cabang-cabang yang yang langsing, bunga yang kecil dan buah-buah yang kecil, serta berwarna kurang menarik. Pada tanaman tertentu (lemon, dan tomat) daun-daun pada kondisi laju absorpsi yang rendah dan laju respirasi tinggi, betul-betul menarik air dari buahnya. Hal inilah yang menyebabkan buah lemon jadi kecil, dan pada tomat jadi kondisi penyakit busuk ujung buah (*blossom end rot*). Cara mengatasi kekurangan air tergantung jenis tanamannya; misalnya, *florist* mengurangi intensitas cahaya, dan pekebun (*grower*) yang rajin lalu memberi irigasi secara baik, memberi mulsa, dan lain-lain.

Pada suplai kelebihan, pada kondisi tertentu untuk tanaman tertentu, kelebihan air dalam tanaman memberikan efek buruk. Pada umumnya, efek ini mencakup terbentuknya bibit-bibit berkaki panjang (*leggy*) dan terjadinya keretakan tumbuh. Bibit-bibit berkaki panjang biasanya terbentuk pada kondisi: bila tanaman rapat berdekatan, bila tanah dibiarkan hangat dan lembab, bila suhu udara dalam kisaran suhu optimum dan bila intensitas cahaya secara relatif rendah. Tanah yang hangat dan lembab, serta sistem perakaran yang baik dapat menjamin absorpsi yang banyak; namun penanaman yang terlalu rapat, suhu yang favorabel, intensitas cahaya yang kurang dan dikombinasikan angin kencang dapat membuat laju transpirasi secara relatif rendah. Jadi absorpsi yang tinggi di suatu pihak dan di pihak lain laju transpirasi yang secara relatif rendah, tekanan turgor di daerah pemanjangan sel tinggi, dan sel-sel merentang tidak wajar. Hal ini sering terjadi di rumah kaca dan bedengan tanam pada awal musim semi. Keretakan tumbuh (*growth cracks*) terjadi pada kondisi absorpsi air dan transpirasi serupa, misalnya terbelahnya kepala kubis dan pecah buah tomat, pecah umbi pada wortel dan ubi jalar. Cuaca lembab memberikan suplai

air tersedia yang banyak, yang bagi tanaman dengan sistem perakaran ekstensif, meningkatkan laju absorpsi yang tinggi. Cuaca lembab, juga bersamaan dengan suhu rendah, intensitas cahaya rendah, dan kelembaban nisbi yang tinggi, menyebabkan laju transpirasi yang rendah. Maka absorpsi air yang tinggi di satu pihak dan transpirasi rendah di pihak lain, biasanya berhubungan dengan keretakan tumbuh. Pengaruh air berlebihan dalam tanaman dapat menyebabkan laju absorpsi air lebih tinggi dari pada transpirasi, pertambahan ukuran sel dan ruas panjang berlebih, sel-sel tanaman pecah yang akhirnya terjadi keretakan-tumbuh.

3.3.2.3. Unsur Hara

Lingkungan di bawah tanah menyediakan unsur hara bagi tanaman. Tanaman hijau merupakan pabrik biokimiawi. Bahan mentah tertentu digunakan baik langsung maupun tak langsung, dalam pembuatan bahan pangan yang penting, serat, enzim, hormon, dan vitamin. Unsur hara sebagai salah satu bahan bakunya haruslah memenuhi syarat yaitu mengandung satu atau lebih unsur esensial untuk pertumbuhan dan perkembangan serta berada dalam bentuk yang dapat diserap tanaman dan digunakannya. Sebagai contoh, nitrogen merupakan bagian semua protein dan bagian molekul klorofil a dan klorofil b. Nitrogen, karena itu merupakan unsure esensial. Walau nitrogen berada dalam banyak tipe persenyawaan, tanaman hanya menyerap dan menggunakan nitrogen dari dalam tanah dalam bentuk ion yang relatif sederhana; ion nitrat dan ion amonium. Unsur-unsur esensial yang diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman ialah: karbon, oksigen, hidrogen, nitrogen, fosfor, kalium, belerang, kalsium, magnesium, mangan,besi, boron, seng, tembaga, dan molibdenum. Karena unsur esensial sangat penting, perlu diketahui peranannya dalam kehidupan tanaman, bagaimana mengenali gejala kekahatan (*defisiency*) atau kelebihannya (*toxicity*), dan bila dan bagaimana memberikannya yang terbaik (Marschner, 1986).

3.4. Aliran Energi dalam Pertanian

3.4.1. Penggunaan Energi untuk Kegitaan Tanaman

Matahari merupakan sumber utama energi bagi kehidupan dan lingkungan di bumi. Energi cahaya matahari (energi fisik) ditangkap (*trapping*) dan diubah oleh produsen (tumbuhan berhijau daun) menjadi energi kimia, kemudian energi kimia mengalir dari produsen ke konsumen dari berbagai tingkat trofik melalui jalur rantai makanan. Energi kimia yang diperoleh organisme digunakan untuk kegiatan hidupnya sehingga dapat tumbuh dan berkembang. Jadi, energi cahaya matahari masuk ke dalam komponen biotik melalui produsen/tumbuhan.

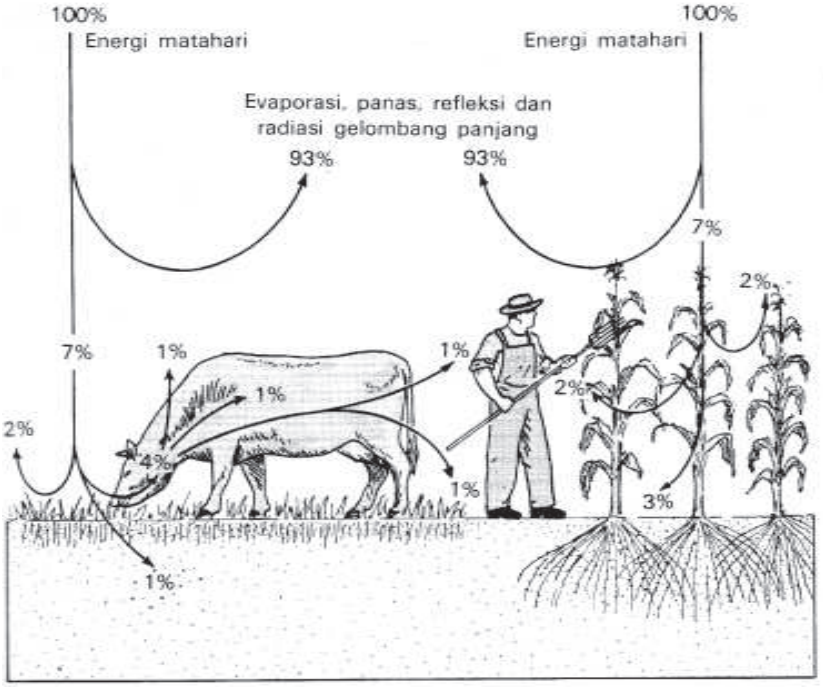
Pertumbuhan dan perkembangan organisme menunjukan energi kimia yang tersimpan dalam organisme, yang sekaligus mengindikasikan bahwa setiap organisme melakukan pemasukan dan penyimpanan energi. Pemasukan dan penyimpanan energi dalam suatu ekosistem disebut sebagai **produktivitas ekosistem**. Produktivitas ekosistem terdiri dari produktivitas primer dan produktivitas sekunder. Produktivitas primer adalah kecepatan mengubah energi cahaya matahari menjadi energi kimia dalam bentuk bahan organik oleh organisme autotrof, sedangkan produktivitas sekunder adalah kecepatan mengubah energi kimia dalam bentuk bahan organik menjadi simpanan energi kimia baru oleh organisme heterotrof. Bahan organik yang tersimpan pada organisme autotrof dapat digunakan sebagai makanan bagi organisme heterotrof. Dari makanan tersebut, organisme heterotrof memperoleh energi kimia yang akan digunakan untuk kegiatan kehidupannya dan juga disimpan.

Kegiatan atau proses kehidupan diawali dengan pengubahan energi fisik menjadi energi kimia oleh tanaman. Terkait dengan pemanfaatan energi fisik ini, produksi dalam pertanian tidak lain adalah besarnya energi surya yang dapat ditangkap dan diubah pada persitiwa fotosintesis yang dilakukan oleh produsen primer (tumbuhan dan organisme yang berhijau daun/fitoplankton). Energi matahari merupakan sumber utama dalam hubungannnya dengan

pertumbuhan tanaman, dimana 90% bahan kering tanaman pertanian berasal dari perubahan karbon (C) melalui proses fotosintesis yang tergantung cahaya. Saat ini telah teresdia metode untuk menghitung produktivitas tanaman dengan memperhatikan penangkapan energi matahari dan pengubahannya ke energi kimia melalui proses fotosintesis. Bahkan telah berkembang ilmu **ekologi produksi** yaitu ilmu yang membahas mulai dari proses perubahan energi fisik menjadi energi kimia dan alirannya lewat tananam dan hewan.

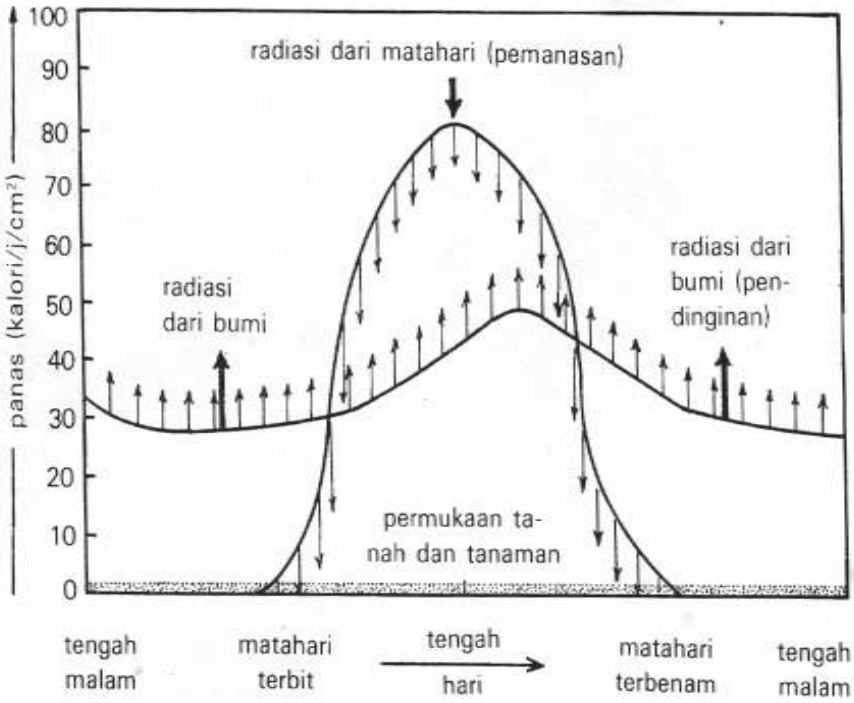
Seluruh aktivitas fisiologis tanaman membutuhkan energi. Sebagai sumber energi utama yang mendukung proses aktivitas fisiologis adalah matahari. Pemanfaatan radiasi surya oleh tanaman hanya berkisar antara 1 - 2 % dari total radiasi. Menurut Harjadi (1996), dari seluruh sinar matahari yang mencapai bumi sebanyak 500 kalori tiap sentimeter persegi setiap hari, kira-kira 93% kembali ke atmosfir. Dengan hara dan air berlimpah dan daun menutupi permukaan bumi cukup, kira-kira 7% cahaya matahari dapat diubah melalui fotosintesis, 2% digunakan untuk respirasi (diperlukan tanaman untuk tumbuh dan berkembang), dan 5% menjadi bahan kering tanaman (biomassa). Pada jagung, 3% menjadi akar, batang dan daun yang menjadi sisa tanaman, dikembalikan ke tanah atau diberikan kepada ternak, dan 2% tertimbun di biji yang dapat dimakan manusia. Penyebaran energi lebih lanjut dilakukan oleh manusia dan hewan (Gambar 6).

Dari sejumlah 263.000 langley (1 langlay = 1 g kalori/cm) energi matahari yang diterima di bagian luar atmosfer bumi, hanya 140.000 langlay yang benar-benar mencapai permukaan bumi. Jumlah energi tersebut tersedia untuk tanaman, tetapi penyebaran energi matahari di permukaan bumi tidak merata dipengaruhi oleh keadaan awan, altitude (tinggi tempat), latitude (letak lintang), topografi, musim dan waktu dalam hari (Gambar 7). Yang sangat penting untuk pertanian adalah energi penyinaran di bagian nampak (*visible part*) dari spektrum cahaya, karena di bagian sinar inilah tumbuh-tumbuhan mampu mengubah energi matahari menjadi energi kimia melalui proses fotosintesis.



Gambar 6. Penyebaran energi yang terlbat dalam produksi jagung dan rumput-rumputan (Harjadi, 1996).

Proses fotosintesis terjadi pada cahaya tampak *(Photosynthetically Active Radiation / PAR*) (400-700 nm atau 0.38 – 0.68 μm) dengan hasil utama adalah karbohidrat (gula). Efisiensi pengubahan energi pada tanaman hidup berkisar lebih kurang 20% dan hal tersebut berkaitan dengan respirasi. Respirasi adalah suatu kegiatan tanaman untuk mendapatkan energi (ATP) melalui perombakan hasil fotosintesis. Hasil proses fotosintesis total setelah dikurangi dengan respirasi disebut fotosintesis netto yang diekspresikan dalam bentuk bahan kering atau disebut *biomassa*. Jadi, fotosintesis netto sama dengan fotosintesis total dikurangi resipirasi. Bila fotosintesis netto lebih besar dari nol berarti ada tumpukan biomasa yang dihasilkan tanaman. Bila fotosintesis netto dikurangi respirasi sama



Gambar 7. Sebaran radiasi surya harian, energi yang dating di siang hari diimbangi dengan kehilangan energy yang terjadi di malam hari (Janick *et al.,* 1969).

dengan nol terjadi suatu kondisi yang disebut dengan titik kompensasi cahaya, yaitu hasil fotosintesis semuanya digunakan untuk proses respirasi. Tapi sebaliknya jika fotosintesis netto dikurangi respirasi kurang dari nol maka terjadi keadaan negatif. Keadaan negatif dalam praktik budidaya harus dihindari, karena akan merugikan tanaman. Cara untuk menghindari keadaan negatif antara lain dapat dilakukan melalui pengaturan jarak tanam/kerapatan tanam atau pengaturan populasi per hektar, pemangkasan daun ternaungi, membuang cabang negatif atau ranting negatif, pemupukan berimbang, pengaturan morfologi tanaman seperti sudut daun, ukuran luas daun dan ketebalan daun, dan peningkatan kandungan klorofil daun.

3.4.2. Konsep Aliran Enegri dalam Pertanian

Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja (usaha). Satuan energi menurut Satuan Internasional (SI) adalah joule, tapi ada juga satuan energi yang lain seperti erg, kalori, dan kWh. Satuan kWh biasa digunakan untuk menyatakan energi listrik, sedangkan satuan kalori biasanya untuk energi kimia. Energi amat diperlukan oleh setiap makhluk hidup setiap hari, karena tanpa adanya energi mahluk hidup tidak dapat melakukan aktivitas.

Pengubahan energi matahari menjadi energi kimia dalam reaksi biomolekul menghasilkan karbohidrat sebagai sumber utama untuk organisme hidup. Karbohidrat merupakan jenis molekul yang paling banyak ditemukan di alam, terbentuk pada proses fotosintesis melalui penyatuan karbon dioksida dan air dengan energi fisik cahaya matahari yang ditangkap klorofil. Dari karbohidrat hasil fotosintesis dalam tanaman inilah energi mengalir dalam perkembangan kehidupan makhluk hidup dalam suatu ekosistem yang kemudian masuk pada piramida makanan dan rantai makanan dalam suatu ekosistem. Proses aliran energi dalam rantai makakan dapat digambarkan sebagai berikut:

1. Masing-masing organisme dari suatu ekosistem berinteraksi satu sama lain termasuk berinteraksi juga dengan lingkungan abiotik untuk kelangsungan hidupnya. Kelangsungan hidup organisme memerlukan energi.
2. Energi untuk kegiatan hidup diperoleh dari bahan organik yang disebut energi kimia. Bahan organik dalam komponen biotik awalnya terbentuk dengan bantuan energi cahaya matahari dan unsur hara, seperti karbon, oksigen, nitrogen, dan lain-lain.
3. Bahan organik yang mengandung energi dan unsur-unsur kimia ditransfer dari suatu organisme ke organisme lain melalui interaksi makan dan dimakan. Peristiwa makan dan dimakan antar organisme dalam suatu ekosistem membentuk struktur trofik yang terdiri dari tingkat-tingkat trofik dimana setiap tingkat trofik merupakan

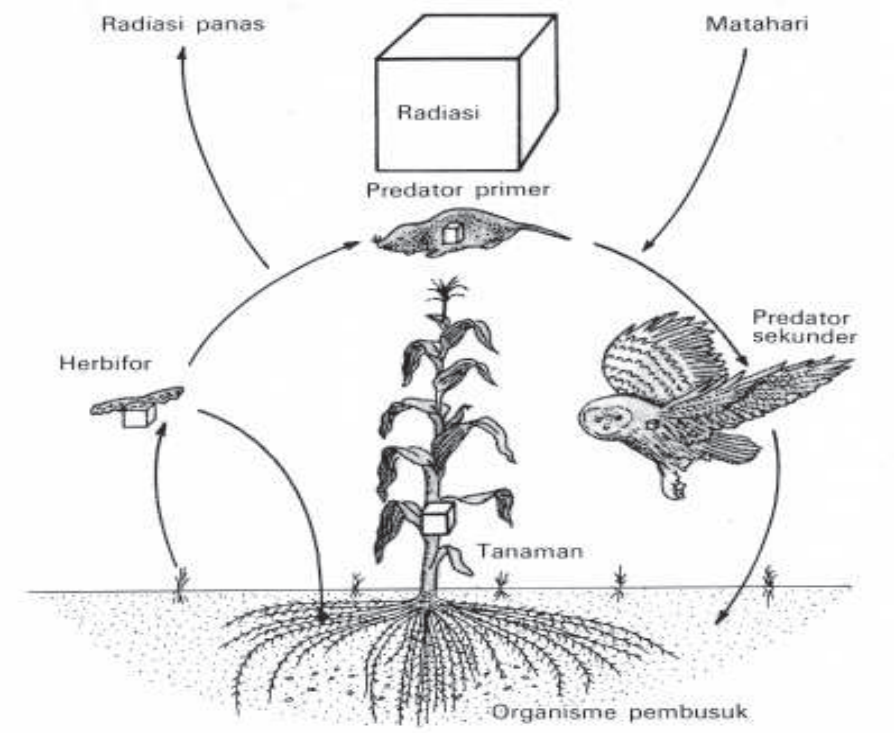
kumpulan berbagai organisme dengan sumber makanan tertentu.

4. Tingkat trofik pertama adalah kelompok organisme autotrof yaitu organisme yang dapat membuat bahan organik sendiri dengan bantuan cahaya matahari yaitu tumbuhan dan fitoplankton. Organisme autotrof disebut produsen. Produsen pada ekosistem darat adalah tumbuhan hijau sedangkan pada ekosistem perairan adalah fitoplankton, ganggang dan tumbuhan air.
5. Tingkat trofik kedua dari struktur trofik suatu ekosistem ditempati oleh berbagai organisme yang tidak dapat membuat bahan organik sendiri. Organisme tersebut tergolong organisme heterotrof. Bahan organik diperoleh dengan memakan organisme atau sisa-sisa organisme lain sehingga organisme heterotrof disebut juga konsumen. Pada tingkat trofik kedua dari struktur trofik suatu ekosistem adalah konsumen primer (herbivora).

Produsen dan konsumen membentuk aliran energi atau rantai makanan dan bersama dengan pengurai terbentuklah daur materi. Sebuah ekosistem dapat berfungsi dengan adanya aliran energi dan materi. Aliran tersebut mengalir dari mata rantai yang satu ke mata rantai yang lain dalam suatu rantai makanan.

Energi yang dimanfaatkan organisme berasal dari sumber energi utama, yaitu cahaya matahari. Sebagian besar energi cahaya matahari ditangkap oleh tumbuhan, melalui proses fotosintesis diubah menjadi energi tersimpan (energi potensial) dalam makanan. Dari makanan tersebut nantinya diubah menjadi senyawa lain/bentuk lain yang digunakan untuk aktifitas organisme sehari-hari. Sisa yang tidak terpakai dan dibuang ke lingkungan ternyata masih mengandung energi, hanya kadarnya yang berubah. Di lingkungan, energi tersebut diserap tumbuhan untuk keperluan sintesis makanan kembali. Tumbuhan yang mengandung energi tersebut nantinya dimakan oleh organisme lain. Dengan demikian energi itu akan terus berputar dengan kadar atau jumlah yang tidak selalu sama.

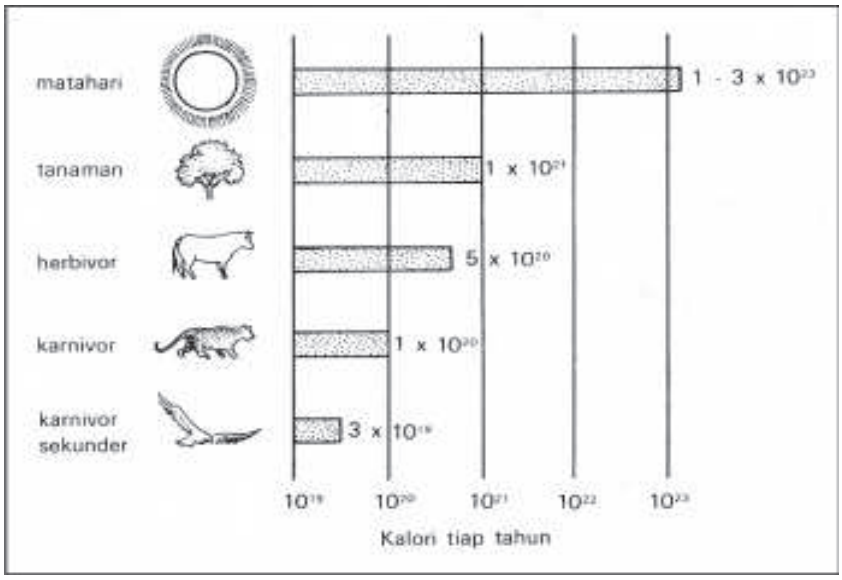
Itulah yang disebut sebagai *siklus energy* atau aliran energi (Gambar 8).



Gambar 8. Siklus energi dalam biosfeir dipacu oleh kegiatan fotosintesis tanaman (Harjadi, 1996).

Perpindahan energi dari satu organisme ke organisme yang disebut dengan aliran energi (*energy flow*), dalam ekosistem terjadi melalui rantai makanan maupun jaring-jaring makanan. Sebagai contoh, dalam ekosistem sawah, padi merupakan organisme autotrof yang mengubah energi radiasi matahari menjadi energi kimia, kemudian energi ini berpindah melalui rantai makanan atau peristiwa "makan dan dimakan". Energi yang sudah terbentu tidak ada yang menghilang namun diubah menjadi energi lain seperti energi panas, energi gerak, dan sebagainya oleh makhluk hidup. Keefisienan penggunaan energi matahari pada setiap tingkat

tropik dalam rantai makanan adalah berbeda dan semakin menurun dari produsen ke herbivora dan karnivora (Gambar 9).



Gambar 9. Tingkat keefisienan penggunaan energi matahari dalam rantai makanan (Harjadi, 1996)

Menurut hukum pertama termodinamika, energi tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan, hanya dapat diubah bentuknya. Berdasarkan hukum tersebut, energi radiasi matahari yang diterima masih tetap sama jumlahnya hanya diubah bentuknya menjadi energi kimia oleh tumbuhan. Energi kimia inilah yang dapat dimanfaatkan oleh makhluk hidup yang lain. Proses aliran energi dalam ekosistem dapat dijelaskan seperti berikut.

1. Energi masuk ke dalam ekosistem berupa energi matahari, tetapi tidak semuanya dapat digunakan oleh tumbuhan dalam proses fotosintesis. Hanya sekitar setengahnya dari rata-rata sinar matahari yang sampai pada tumbuhan diabsorpsi oleh mekanisme fotosintesis, dan juga hanya sebagian kecil, sekitar 1-2 %, yang diubah

menjadi makanan (energi kimia). Sisanya keluar dari sistem berupa panas, dan energi yang diubah menjadi makanan oleh tumbuhan dipakai lagi untuk proses respirasi yang juga sebagai keluaran dari sistem.

2. Energi yang disimpan berupa materi tumbuhan berpindah melalui rantai makanan dan jaring-jaring makanan melalui herbivora dan karnivora. Dalam rantai makanan terjadi kehilangan sejumlah energi diantara tingkatan trofik, atau energi berkurang atau menurun ke arah tahapan berikutnya dari rantai makanan. Biasanya herbivora menyimpan sekitar 10% energi yang dikandung tumbuhan, demikian pula karnivora hanya menyimpan sekitar 10% dari energi yang dikandung dalam bahan yang dimangsa.
3. Apabila materi tumbuhan tidak dikonsumsi, maka akan disimpan dalam sistem, diteruskan ke pengurai, atau diekspor dari sistem sebagai materi organik.
4. Organisme-organisme pada setiap tingkat konsumen dan juga pada setiap tingkat pengurai memanfaatkan sebagian energi untuk pernafasannya, sehingga terlepaskan sejumlah panas keluar dari sistem.
5. Dikarenakan ekosistem adalah suatu sistem terbuka, maka beberapa materi organik mungkin dikeluarkan menyeberang batas dari sistem, contohnya misalnya akibat pergerakan sejumlah hewan ke wilayah ekosistem lain, atau akibat aliran air sejumlah gulma air keluar dari sistem terbawa arus.

Pertanian sesungguhnyan merupakan teknologi yang mengarahkan aliran dan konsentrasi energi seoptimal mungkin. Oleh karena itu, tanaman pertanian harus dipandang sebagai perangkap untuk menangkap, mengubah, dan menyimpan energi (bioindustri), sehingga untuk mendapatkan hasil yang maksimal harus diusahakan untuk memperbaiki dan meningkatkan efisiensi penggunaan energi.

Efisiensi penggunaan energi matahari dapat dilakukan dengan cara mengefisienkan pemanfaatan bahan (bagian tanaman) yang ada seperti memanfaatkan limbah tanaman secara optimal sehingga energi yang terkandung tidak

hilang. Usaha memperpendek rantai pangan juga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi matahari, misalnya dengan cara mengkonsumsi langsung produsen primer (Clorela), pemanfaatan produk pertanian yang tidak dapat digunakan/dikonsumsi sebagai bahan pangan menjadi hidrokarbon cair atau gas. Upaya lain seperti memperbesar penangkapan energi surya oleh tanaman dengan cara budidaya atau rekayasa tanaman juga tergolong usaha meningkatkan efisiensi penggunaan energy matahari. Usaha-usaha itu sangat penting karena dalam pertanian modern, energi yang dihitung bukan hanya energi surya tetapi seluruh unsur budidaya atau disebut energi budidaya.

Pertanian bioindustri adalah sistem pertanian yang pada prinsipnya mengelola dan/atau menanfaatkan secara optimal seluruh sumberdaya hayati termasuk biomasa dan/atau limbah pertanian bagi kesejahteraaan masyarakat dalam suatu eksosistem secara harmonis. Sistem pertanian bioindustri memandang lahan pertanian tidak semata-mata merupakan sumberdaya alam, namun juga dipandang sebagai industri yang memanfaatkan seluruh faktor produksi untuk menghasilkan pangan untuk ketahanan pangan maupun produk lain yang dikelola menjadi bioenergi serta bebas limbah dengan menerapkan prinsip mengurangi, memanfaatkan kembali, dan mendaur ulang (*reduce, reuse dan recycle*). Kata kunci pertanian bioindustri adalah pemanfaatan seluruh sumberdaya hayati, biomassa, dan limbah pertanian secara optimal berbasis pada bioproses dan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Pertanian bioindustri pada dasarnya merupakan impelementasi dari sistem pertanian terpadu (*mixed farming*) dengan ciri spesifik dan keunggulan utamanya adalah memaksimalkan pemanfaatan potensi energi yang ada pada satu lokasi lahan. Kegiatan integrasi yang dilaksanakan berorientasi pada usaha pertanian tanpa limbah (*zero waste*) dan menghasilkan 4F (*Food, Feed, Fertilizer, Fuel*). Dalam siklus ekologi pertanian terpadu, semuanya bermanfaat sehingga tidak ada limbah dari pelaksanaan pertanian terpadu. Limbah pertanian dimanfaatkan untuk pakan ternak dan/atau ikan (*feed*),

limbah ternak/ikan (feses/kotoran) dimanfaatkan untuk pupuk (*fertilizer*) atau biogas (*fuel*), hasil tanaman, ternak, ikan, dan lain-lain diguanakan untuk pangan manusia (*food*). Semua ini dilakukan secara berkelanjutan dan untuk mencapai hasil yang maksimal dan disini energi matahari yang diubah menjadi enegri kimia oleh tumbuhan betul-betul termanfaatkan secara optimal (Behera dan Shrama, 2007; Manjunatha *et al.,* 2014.

BAB IV.
PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN TANAMAN

Pertumbuhan (*growth*) adalah proses pertambahan ukuran sel atau organisme tanaman (bersifat kuantitatif/ terukur) yang tidak dapat balik (*irreversible*) berupa pertambahan protoplasma (jumlah dan isi sel) akibat pertambahan ukuran dan jumlah sel yang dicerminkan adanya penambahan bobot kering (ada penambahan volume, massa, tinggi, atau ukuran lainnya). Dapat pula diartikan sebagai perubahan secara kuantitatif selama siklus hidup tanaman yang bersifat tak terbalikkan berupa bertambah besar ataupun bertambah beratnya tanaman atau bagian tanaman akibat adanya penambahan unsur-unsur struktural yang baru. Peningkatan ukuran tanaman yang tidak balik pada pertumbuhan sebagai akibat dari pembelahan dan pembesaran sel. Sedangkan perkembangan (*development*) diartikan sebagai proses perubahan secara kualitatif atau mengikuti pertumbuhan tanaman/bagian-bagiannya karena adanya diferensiasi (perubahan morfologis dan fungsi), suatu perubahan dalam tingkat lebih tinggi/kompleks. Misalnya, perubahan dari fase vegetatif ke generatif atau perubahan dari benih-kecambah-tanaman muda-tanaman dewasa.

4.1. Dasar-Dasar Pertumbuhan Tanaman di Dalam Sel

Pertumbuhan tanaman (*growth*) ditunjukkan oleh pertambahan ukuran dan berat kering yang tidak dapat balik. Pertambahan ukuran dan berat kering suatu organisme mencerminkan **pertambahan protoplasma**, yang mungkin terjadi karena baik ukuran sel maupun jumlah selnya bertambah (Harjadi, 1996). Pertambahan ukuran sel mempunyai batas karena berkaitan dengan hubungan antara volume dengan luas permukaan.

Pertambahan protoplasma berlangsung melalui suatu rentetan persitiwa dimana air (H_2O), karbondioksida (CO_2), dan garam-garam anorganik diubah menjadi bahan-bahan hidup (karbohidrat, protein, lemak, dan lain-lain). Dalam kaitannya dengan sel-sel tanaman, persitiwa tersebut mencakup pembentukan karbohidrat melalui **proses fotosintesis**, pengisapan dan gerakan air dan unsur hara melalui **proses absorpsi dan translokasi,** penyusunan dan prombakan protein dan lemak dari fragmen carbon (karbohiodrat) dan persenyawaan anorganik melalui **proses metabolisme**, dan perombakan bahan-bahan hidup, terutama karbohidrat, untuk mendapatkan tenaga/energi kimia melalui **proses respirasi**. Proses-proses tersebut saling berhubungan satu dengan yang lain, yang merupakan **dasar-dasar pertumbuhan tanaman di dalam sel**.

4.1.1. Fotosintesis

Fotosintesis merupakan cara tumbuhan untuk menghasilkan makanan dan energi. Fotosintesis adalah pembuatan makanan oleh tumbuhan hijau melalui suatu proses biokimia pada klorofil dengan bantuan sinar matahari. Fotosintesis berasal dari kata **foto** yang artinya cahaya dan **sintesis** yang artinya penyusunan. Dengan kata lain, fotosintesis merupakan proses penyusunan bahan organik (gula/karbohidrat) dari H_2O dan CO_2 dengan bantuan energi cahaya. Fotosintesis hanya akan terjadi jika tumbuhan mempunyai pigmen fotosintesis, yaitu pigmen yang berfungsi sebagai penangkap energi cahaya matahari lalu

mengkonversikannya menjadi **energi kimia** yang terikat dalam molekul karbohidrat. Secara sederhana, reaksi fotosintesis adalah seperti gambar di bawah ini:

$$12\ H_2O + 6\ CO_2 \xrightarrow[\text{dan klorofil}]{\text{energi cahaya}} C_6H_{12}O_6\ (\text{gula}) + 6\ O_2 + 6\ H_2O$$

Selain gula (karbohidrat), pada proses fotosintesis juga di hasilkan oksigen dan air. Itu sebabnya tumbuhan hijau dikatakan sebagai produsen oksigen bagi dunia sehingga sangat efektif untuk menanggulagi polusi udara dan efek rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global.

Pada reaksi proses fotosintesis di atas, dapat dilihat bahwa fotosintesis membutuhkan dua komponen utama, yaitu **klorofil (zat hijau daun)** dan cahaya matahari (energi matahari). Karena itu proses fotosintesis mutlak membutuhkan cahaya dan hanya dapat terjadi pada tumbuhan yang memiliki **pigmen fotosintesis**, yang dalam bahasa sederhana disebut klorofil. Fungsi klorofil adalah untuk menyerap sinar matahari sehingga di sebut juga sebagai **pigmen fotosintesis**. Klorofil terdapat dalam organel yang disebut kloroplas. Oleh karena itu, proses fotosintesis tidak dapat berlangsung pada setiap sel, tetapi hanya pada sel yang memiliki kloroplast dan mengandung pigmen fotosintesis. Sel yang tidak mempunyai pigmen fotosintetis tidak mampu melakukan proses fotosintesis. Meskipun hampir seluruh bagian tubuh tumbuhan yang berwarna hijau mengandung kloroplas, namun sebagian besar energi dihasilkan di daun.

Selain klorofil, tumbuhan juga mempunyai pigmen lain yaitu **antosianin** dan **karotenoid**. Karotenoid sendiri terdiri atas karoten dan xantofil. Seperti pigmen lainnya, klorofil hanya dapat menyerap sebagian cahaya tampak. Klorofil dapat menyerap cahaya merah dan biru sangat baik, sedangkan cahaya hijau sangat sedikit diserap. Oleh karena itulah, tumbuhan yang mengandung klorofil terlihat berwarna hijau oleh mata kita karena cahaya hijau lebih banyak dipantulkan. Karoten adalah pigmen yang menyebabkan warna oranye, xantofil sebagai pigmen yang

menyebabkan warna kuning, sedangkan antosianin adalah pigmen yang memberikan warna biru, ungu, violet, dan merah. Adanyya pigmen warna oranye, kuning, biru, merah, dan ungu ini menyebabkan daun memiliki warna beraneka ragam. Terdapat beberapa jenis klorofil, yaitu klorofil a, b, c, dan d. Klorofil a merupakan jenis klorofil yang paling penting dalam fotosintesis. Klorofil a dapat menyerap cahaya maksimal pada panjang gelombang 430 nm dan 662 nm, sedangkan klorofil b yang juga berperan dalam fotosintesis menyerap cahaya pada 453 dan 642 nm.

Berdasarkan proses reaksinya, rentetan dari reaksi fotosintesis dapat digolongkan menjadi 2 tahap reaksi yaitu reaksi terang (reaksi yang memerlukan cahaya) dan reaksi gelap (reaksi yang tidak memerlukan cahaya).

Reaksi terang yaitu reaksi fotosintesis dimana klorofil menangkap energi cahaya dan mengubahnya menjadi energi kimia dalam bentuk ATP, dan pada saat bersamaan terjadi pemecahan molekul air (H_2O) menjadi hidrogen dan oksigen, yang disebut dengan fotolisis. Reaksi terang secara sederhana seperti berikut:

$$H_2O + NADP^+ + ADP + Pi \xrightarrow[\text{dan klorofil}]{\text{energi cahaya}} O_2 + H^+ + NADPH + ATP$$

Oksigen dilepaskan sebagai melokel O_2 dalam bentuk gas dan hidrogen (H^+) ditangkap oleh penerima hydrogen yaitu nikotinamid-adenin-dinukleotida-fosfat ($NADP^+$) menjadi molekul NADPH. Langkah ini disebut reaksi *Hill* (NADP telah bertindak sebagai pereaksi Hill). Penangkapan energi cahaya dengan pengubahan adenosine-difosfat (ADP) menjadi adenosine-trifosfat (ATP) disebut reaksi *fotofosforilasi* (penambahan fosfat ke ADP menjadi ATP dalam keadaan ada cahaya). Gabungan dari reaksi Hill dan fotofosforilasi dikenal dengan reaksi terang dalam proses fotosintesis.

Reaksi gelap, yaitu reaksi fotosintesis yang tidak membutuhkan cahaya. Pada reaksi gelap ini terjadi proses reduksi/konversi CO_2 menjadi gula/karbohidrat. Secara sederhana persamaan reaksi pada reaksi gelap dalam fotosintesis seperti berikut:

$$6\ CO^2 + 18\ ATP + 12\ NADPH + 12\ H^+ + 12\ H_2O \longrightarrow Gula + 18\ Pi + 18\ ADP + 12\ NADP^+$$

Dalam reaksi gelap, energi yang dihasilkan (NADPH dan ATP) dalam reaksi terang dipakai mensintesis gula dari CO_2. Reaksi penyusunan tersebut tidak lagi langsung bergantung pada keberadaan cahaya, walaupun prosesnya berlangsung bersamaan dengan proses reaksi cahaya. Reaksi gelap dapat terjadi karena adanya enzim fotosintesis. Sesuai dengan nama penemunya, yaitu Benson dan Calvin**,** daur reaksi penyusunan zat gula itu di sebut daur Benson-Calvin. Reaksi gelap berlangsung di dalam stroma kloroplas, serta mengkonversi CO_2 untuk gula. Reaksi ini tidak membutuhkan cahaya secara langsung, tetapi itu sangat membutuhkan produk-produk dari reaksi terang (ATP dan bahan kimia lain yang disebut NADPH).

4.1.2. Respirasi dan Metabolisme

Respirasi (pernapasan) pada tumbuhan adalah proses untuk memperoleh energi dengan merombak bahan-bagan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintesis, sehingga dalam pengertian dangkal/sederhana, respirasi adalah kebalikan dari proses fotosintesis, dengan persamaan reaksi sebagai berikut.

$$C_6H_{12}O_6\ (gula) + 6\ O_2 \longrightarrow 6\ H_2O + 6\ CO_2 + \text{energi}$$

Pada dasarnya respirasi adalah proses oksidasi molekul gula atau asam-asam lemak dengan bantuan enzim untuk meghasilkan energi. Energi yang dilepas melalui respirasi ditangkap oleh ADP atau NADP membentuk energi kimia dalam bentuk ATP atau NADPH. Artinya, energi kimia yang ditangkap pada proses fotosintesis, dilepaskan lagi dengan oksidasi senyawa-senyawa gula dan lemak yang dihasilkan dalam proses fotosintesis. Energi kimia yang dihasilkan dalam proses respirasi digunakan untuk mensintesis bahan-bahan organik untuk kebutuhan pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Respirasi merupakan ciri umum

dari semua tanaman hidup, sehingga pengukuran dari jumlah atau konsentrasi karbondioksida (CO_2) yang dihasilkan dalam respirasi, merupakan salah satu variabel untuk mengukur dan menguji suatu kehidupan.

Dari bermacam-macam bahan yang dihasilkan tanaman dalam hidupnya, seperti karbohidrat, protein, lemak, sterol, alkaloid, pigmen, dan lain-lain, semuanya berasal dari pecahan-pecahan karbon (C) yang terbentuk melalui proses fotosintesis dan dari hara anorganik yang diabsorpsi/diserap dari tanah. Sintesis dari bahan-bahan tersebut (proses anabolisme) dan perombakannya (proses katabolisme) disebut dengan **metabolisme**. Proses pembentukan gula dan bahan-bahan lain melalui penangkapan energi cahaya dalam proses fotosintesis serta perombakan gula dan lemak dan bahan-bahan lain dengan pelepasan energi dalam respirasi, dapat dipandang sebagai peristiwa metaiolisme anabolik dan katabolik yang khas dalam tumbuhan.

4.1.3. Absorpsi dan Translokasi Hara

Absorpsi hara adalah penyerapan unsur hara dari tanah oleh tanaman untuk disintesis menjadi bahan organik. Absorpsi hara terjadi karena tumbuhan merupakan makhluk hidup yang tergantung sepenuhnya pada bahan anorganik dari lingkungannya. Tumbuhan memerlukan cahaya matahari sebagai sumber energi untuk melakukan fotosintesis. Untuk mensintesis bahan organik, tumbuhan memerlukan bahan mentah dalam bentuk bahan-bahan anorganik seperti karbon dioksida, air, dan berbagai mineral yang ada sebagai ion anorganik dalam tanah. Melalui sistem akar dan sistem tunas yang saling berhubungan, tumbuhan memiliki keterkaitan yang sangat intensif dengan lingkungannya seperti tanah dan udara yang menyediakan bahan anorganik untuk membentuk senyawa karbon komplek seperti karbohidrat, protein, lemak, dan lain sebagainya (Pesarakli, 2001).

Tanah merupakan suatu sistem yang kompleks, berperan sebagai sumber unsur hara dan air bagi tanaman. Penyerapan unsur hara oleh tanaman dari dalam tanah

melalui tiga mekanisme, yaitu **aliran massa** (*mass flow*), **difusi** (*diffusion*), dan **intersepsi akar** (*root interception*).

Penyerapan hara melalui aliran massa adalah suatu mekanisme gerakan unsur hara dari tanah menuju ke permukaan akar bersama-sama dengan gerakan massa air karena dipacu oleh adanya transpirasi. Selama proses transpirasi tanaman berlangsung, terjadi juga proses penyerapan air oleh akar tanaman melalui aliran massa. Bersamaan dengan pergerakan massa air ke akar dan daun karena adanya transpirasi, ikut juga terbawa unsur hara yang terkandung dalam air tersebut. Peristiwa tersedianya unsur hara yang terbawa bersamaan dengan gerakan massa air ke permukaan akar tanaman dikenal dengan aliran massa. Terserapnya air karena adanya perbedaan potensial air yang disebabkan oleh proses transpirasi tersebut, dimana air bergerak dari potensial tinggi ke rendah. Nilai potensial air di dalam tanah lebih tinggi dibandingkan dengan permukaan bulu akar sehingga air tanah masuk kedalam jaringan akar, kemudian potensial air di daun lebih rendah dari di akar sehingga air bersama hara mengalir ke daun.

Ketersediaan unsur hara ke permukaan akar tanaman, dapat juga terjadi karena melalui mekanisme perbedaan konsentrasi. Pergerakan hara dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi lebih rendah melewati membran semipermeabel dalam sel hidup dikenal dengan difusi. Dalam hal ini sel bertindak sebagai pompa metabolik dengan memerlukan energi (bahan bakar) yang disuplai dari proses respirasi, sehingga disebut dengan istilah pengambilan aktif (*active uptake).*

Penyerapan melalui intersepsi akar adalah karena pertumbuhan akar tanaman yang memperpendek jarak dengan keberadaan unsur hara, dengan kata lain akar tanaman tumbuh dan memanjang, sehingga memperluas jangkauan akar tersebut. Perpanjangan akar menjadikan permukaan akar lebih mendekati posisi keberadaan unsur hara, baik unsur hara yang ada dalam larutan tanah, permukaan koloid liat, maupun permukaan koloid organik. Mekanisme intersepsi akar sangat berbeda dengan kedua mekanisme sebelumnya, yaitu aliran massa dan difusi. Pada

aliran massa dan difusi terjadi pergerakan unsur hara menuju ke akar tanaman, sedangkan pada intersepsi akar, terjadi gerakan atau perpanjangan akar yang memperpendek jarak dengan keberadaan unsur hara sehingga hara bisa absorpsi.

Translokasi pada tanaman berkaitan dengan gerakan atau transportasi zat-zat organik dan anorganik yang terlarut dari satu bagian tanaman ke bagian lainnya. Dalam proses transportasi tersebut, terjadi pembagian air, unsur hara atau hara mineral dan hasil fotosintesis kepada jaringan-jaringan tanaman yang membutuhkan. Persitiwa pembagian tersebut disebut dengan **translokasi**. Terdapat dua jenis translokasi yang utama dalam tanaman yaitu tranlokasi melalui xylem dan melalui floem. Translokasi hara dan air terutama berlangsung melalui xylem dari akar ke daun (tajuk), sedangkan translokasi hasil fotosintesis (fotosintat) berlangsung melalui floem dari daun ke seluruh tubuh tanaman. Terdapat perbedaan prinsip antara pengangkutan lewat xylem dan floem. Pada pengangkutan lewat xylem, pengangkutan berlangsung melalui sel-sel mati, yang ditransportasikan adalah hara dan air, serta pergerakannya searah yaitu dari bawah ke atas (dari akar ke tajuk). Sedangkan pada pengangkutan lewat floem, pengangkutan berlangsung melalui sel-sel hidup, yang ditransportasikan adalah hasil fotosintat dan senyawa-senyawa organik lainnya, dan pergerakannya dua arah, bisa dari atas ke bawah (dari daun ke bagian-bagian lainnya di bagian bawah) atau dari bawah ke atas (dari daun ke bagian-bagian lainnya yang lebih di atas).

Pada transportasi melalui xylem, pengangkutan dimulai setelah air dan hara masuk dari larutan tanah ke akar. Air dan unsur hara masuk melalui rambut akar melewati sel-sel akar sampai di bagian tengah akar. Perjalanan air dan hara ini terjadi di luar pembuluh sehingga hal ini dinamakan pengangkutan ekstravaskuler. Setelah itu, air dan hara menyebrang masuk ke pembuluh xylem akar, selanjutnya diteruskan pengangkutannya ke xylem batang menuju ke daun. Akar, batang dan daun didalamnya terdapat pembuluh-pembuluh xilem yang tergabung di dalam berkas

pengangkut dan pembuluh-pembuluh itu sambung menyambung membentuk satu rangkaian sampai menuju ke daun. Berbeda dengan pengangkutan ekstravaskuler, pengangkutan intravaskuler adalah pengangkutan air dan zat terlarut yang terjadi dalam berkas pembuluh xilem dan floem secara vertikal. Vertikal maksudnya adalah pengangkutan air dan unsur hara oleh xilem dari akar menuju daun. Sebaliknya, pengangkutan zat makanan (fotosintat) dari daun ke seluruh tubuh tumbuhan dilakukan oleh floem.

Pengangkutan air dan hara berlangsung karena beberapa faktor seperti karena adanya daya isap daun dan kapilaritas pembuluh. Daya isap daun terjadi karean dipicu oleh adanya transpirasi. Hilangnya air melalui penguapan pada daun mengakibatkan perbedaan kadar cairan sel-sel di permukaan daun dengan sel-sel yang lebih di dalam. Kekurangan cairan di sel-sel permukaan daun ini diambilkan dari sel-sel dibawahnya, lalu dari pembuluh xilem daun dan trakhir dari pembnuluh xylem akar. Pembuluh xilem daun berhubungan dengan pembuluh xilem batang, demikian pula pembuluh xilem batang berhubungan dengan pembuluh xilem akar. Dengan adanya hubungan pembuluh tersebut terjadi aliran air dan hara dari akar ke permukaan daun yang airnya menguap karena transpirasi. Karena daunlah yang seolah-olah mengisap air dari akar mencapai daun maka daya tersebut dinamakan daya isap daun. Daya isap daun ini berkaitan pula dengan prinsip fisika kapilaritas pembuluh, dimana air dalam pembuluh xylem melekat pada dinding pembuluh, sehingga permukaan air naik lebih tinggi dan hal itu membantu pengangkutan air dari pembuluh xylem akar ke pembuluh xylem daun lebih mudah.

Pada pengangkutan lewat floem, terjadi pemuatan (*loading*) hasil fotosintat dari sel-sel daun yang berfosintesis ke pembuluh floem daun terdekat, kemudian dari sana diangkut ke seluruh bagian tanaman. Fungsi floem adalah sebagai pembuluh yang mentranslokasikan bahan organik yang terutama berisi karbohidrat hasil fotosintesis. Fotosintat yang dihasilkan pada daun dan sel-sel fotosintetik lainnya harus diangkut ke organ atau jaringan lain agar

dapat dimanfaatkan oleh pertumbuhan atau ditimbun sebagai bahan cadangan. Sesungguhnya yang diangkut melalui floem tidak hnaya senyawa hasil fotosintesis, tetapi juga senyawa organik lainnya dan beberapa senyawa anorganik seperti hara mineral yang diremobilisasi dari daun ke bagian lain yang lebih membutuhkan.

4.2. Pertumbuhan Primer dan Sekunder

Pertumbuhan adalah proses pertambahan volume yang *irreversible* (tidak dapat balik) karena adanya pembesaran sel dan pertambahan jumlah sel atau pembelahan sel (pembelahan mitosis) atau keduanya. Pertumbuhan pada tumbuhan dapat dinyatakan secara kuantitatif karena pertumbuhan dapat diketahui dengan mengukur besar dan tinggi batang, menimbang massa sel baik berupa berat kering maupun berat basahnya, menghitung jumlah daun, jumlah bunga, jumlah buah, dan lain sebagainya.

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman melibatkan tiga proses penting yaitu **pembelahan sel** (*cellular division*), **pembesaran sel** (*enlargement*) dan **diferensiasi** (*differentiation*). Pembelahan dan pembesaran sel merupakan proses yang saling berkaitan. Pembesaran sel sering diawali karena adanya pembelahan sel, seperti terjadi pada sel maristematik, walaupun sebenarnya kedua proses tersebut dikendalikan oleh hal yang berbeda. Pembesaran tidak menginduksi pembelahan sel dan pembelahan sel tidak selalu mendahului terjadinya pembesaran sel. Contohnya, pembesaran sel dapat terjadi karena masuknya air ke dalam sel. Mula-mula dinding sel yang kaku (*rigid*) bertambah longgar (*loosening*) karena adanya asam-asam organik yang disekresikan ke dinding sel yang dipengaruhi oleh hormon auksin. Dinding sel yang bertambah longgar menyebabkan air dapat masuk ke dalam sel tersebut melalui proses osmosis sehingga terjadi pembesaran sel. Jadi air dan hormon auksin berperan sangat penting dalam pembesaran sel. Sedangkan diferensiasi adalah suatu situasi

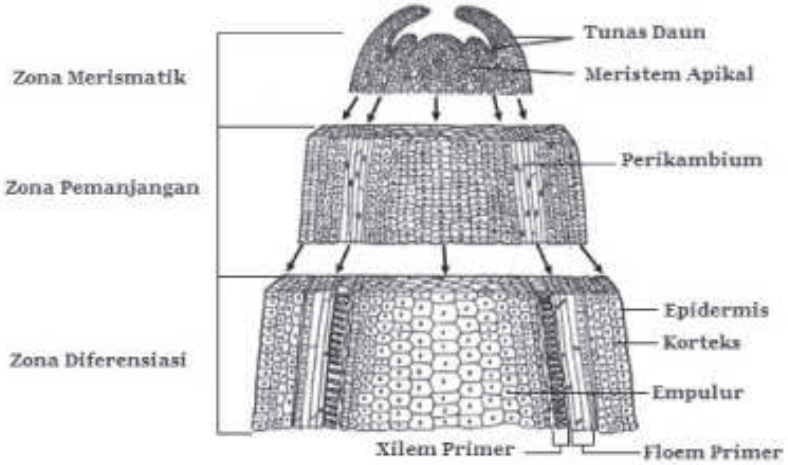
dimana sel-sel meristematik berkembang menjadi dua atau lebih macam sel/jaringan/organ tanaman yang secara kualitatif berbeda satu dengan yang lainnya. Diferensiasi merupakan proses hidup yang menyangkut transformasi sel tertentu ke sel-sel yang lain menurut spesialisasinya (baik spesialisasi dalam hal proses biokimia, fisiologi, maupun struktural). Misalnya, pembentukan jaringan xilem dan floem. Jadi, diferensiasi merupakan perubahan yang terjadi dari keadaan sejumlah sel, membentuk organ-organ yang mempunyai struktur dan fungsi yang berbeda.

Pertumbuhan menyebabkan meningkatnya berat kering tanaman karena tanaman aktif berfotosintesis. Oleh karena itu kecepatan pertumbuhannya dipengaruhi oleh faktor lingkungan, proses fisiologi dan genetik tanaman.

Pertumbuhan tanaman terjadi pada sel dan atau jaringan meristem yang masih aktif. Secara umum pertumbuhan diawali oleh stadium zigot yang merupakan hasil pembuahan sel kelamin betina dengan jantan. Pembelahan zigot menghasilkan jaringan *meristem* yang akan terus membelah dan mengalami *diferensiasi*. Adapun letak pertumbuhan tanaman (letak jaringan meristem) adalah pada:

a. Ujung suatu organ (*meristem apical*). Meristem apikal biasanya tetap bersifat embrionik dan mampu tumbuh dalam waktu yang tidak terbatas, sehingga disebut juga indeterminate meristem. Misalnya pada ujung batang dan ujung akar.
b. Meristem lateral yaitu meristem yang berkaitan dengan pertumbuhan membesar. Misalnya pada jaringan cambium.
c. Meristem intercalar yaitu meristem yang terletak antara daerah-daerah jaringan yang telah terdiferensiasi. Meristem seperti ini kebanyakan terdapat pada familia Gramineae. Pada organ-organ tumbuhan lain, misalnya bunga, akar, buah, pola pertumbuhannya agak berbeda dengan batang dan hanya bersifat embrionik dalam jangka waktu tertentu, sehingga disebut determinate meristem.

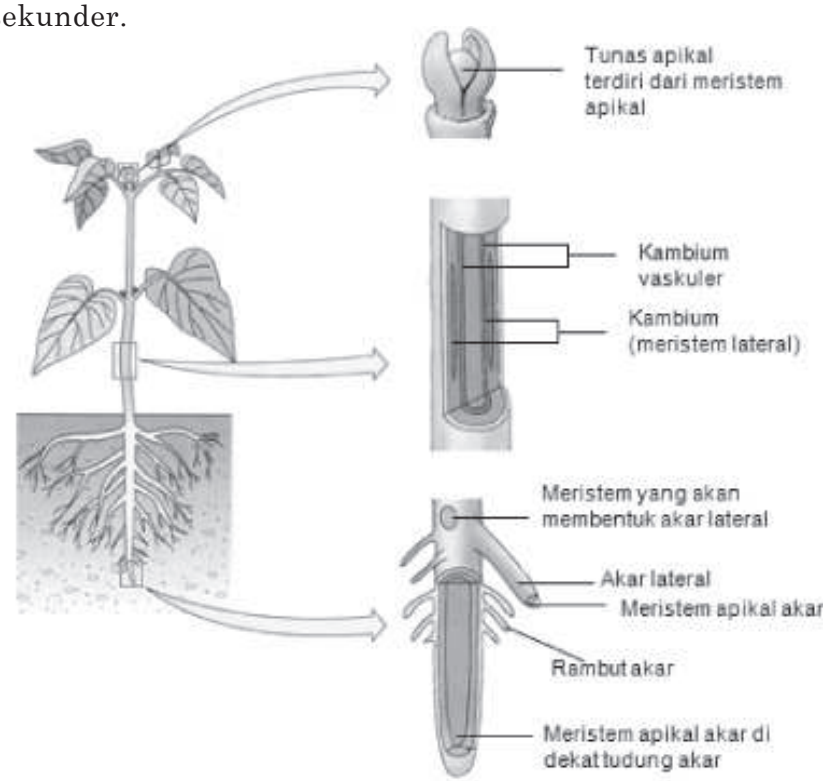
Pertumbuhan tanaman dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu **pertumbuhan primer** dan **pertumbuhan sekunder**. Pertumbuhan primer pada tumbuhan adalah pertumbuhan yang terjadi mulai dari fase embrio hingga dewasa. Pertumbuhan primer menghasilkan pemanjangan akar dan batang. Pertumbuhan primer terjadi sebagai hasil pembelahan sel-sel jaringan meristem primer. Berlangsung pada embrio, bagian ujung-ujung dari tumbuhan seperti akar dan batang. Embrio memiliki 3 bagian penting, yakni: a. tunas embrionik yaitu calon batang dan daun, b. akar embrionik yaitu calon akar, dan c. kotiledon yaitu cadangan makanan. Daerah pertumbuhan pada akar dan batang berdasar aktivitasnya terbagi menjadi 3 daerah, yakni: a. daerah pembelahan, sel-sel di daerah ini aktif membelah (meristematik), b. daerah pemanjangan, berada di belakang daerah pembelahan, dan c. daerah diferensiasi, bagian paling belakang dari daerah pertumbuhan. Sel-sel yang mengalami diferensiasi membentuk akar yang sebenarnya serta daun muda dan tunas lateral yang akan menjadi cabang. Jadi, pertumbuhan primer terjadi karena adanya proses aktivitas sel atau jaringan meristem primer yang terdapat pada daerah titik tumbuh yang utama, yaitu pada bagian ujung batang dan ujung akar tanaman (Gambar 10 dan 11).



Gambar 10. Bagian-bagian apikal mersitem pucuk secara lebih detail

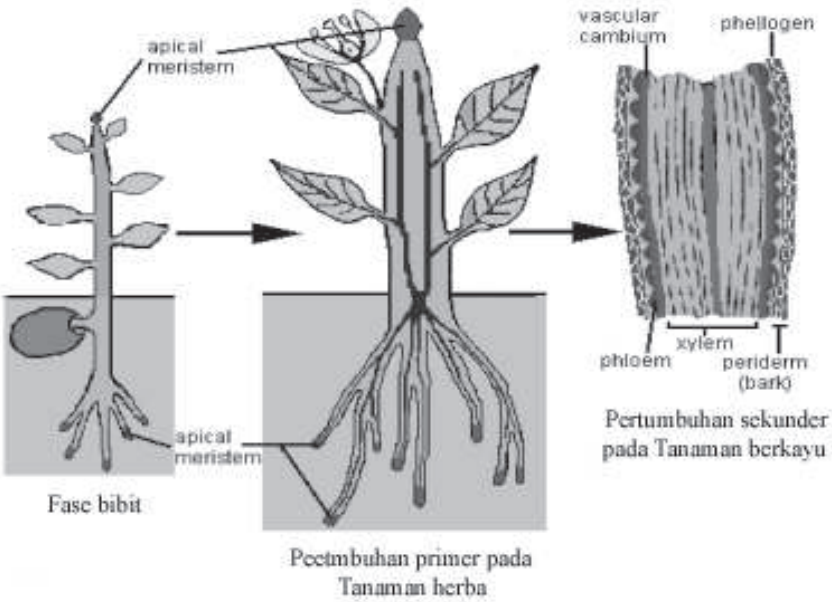
Adapun ciri-ciri dari pertumbuhan primer adalah terbentuknya embrio, tumbuhnya akar dari ujung akar, tumbuhnya batang dari ujung batang, dan pertumbuhan primer menyebabkan batang dan akar bertambah panjang.

Pertumbuhan sekunder terjadi pada tumbuhan yang memiliki kambium. Pertumbuhan sekunder menyebabkan batang dan akar bertambah lebar. Pertumbuhan sekunder merupakan aktivitas sel-sel meristem sekunder yaitu kambium dan kambium gabus. Pertumbuhan ini dijumpai pada tumbuhan dikotil dan gimnospermae dan menyebabkan membesarnya ukuran (diameter) tumbuhan. Pada monokotil, tidak terdapat kambium. Karenanya, tidak ada pertumbuhan sekunder.

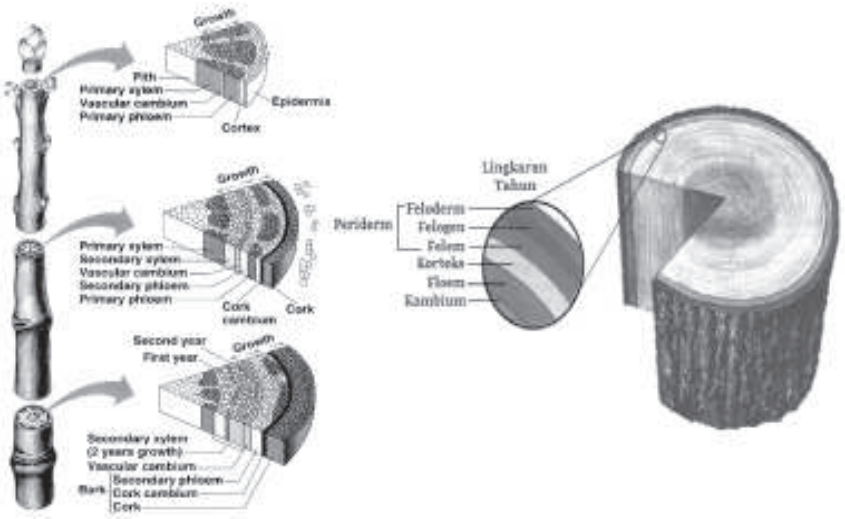


Gambar 11. Pertumbuhan primer pada ujung pucuk dan ujung akar dan pertumbuhan sekuner pada cambium (sumber: https://www.google.co.id/pertumbuhan+primer+ dan +sekunder+ tanaman, diakses pada 26 Desember 2017)

Mula-mula kambium hanya terdapat pada ikatan pembuluh, yang disebut *kambium vasis* atau *kambium intravaskuler*. Fungsinya adalah membentuk xilem dan floem primer. Selanjutnya parenkim akar/batang yang terletak di antara ikatan pembuluh, menjadi kambium yang disebut *kambium intervasis*. Kambium intravasis dan intervasis membentuk lingkaran tahun berbentuk konsentris. Kambium yang berada di sebelah dalam jaringan kulit berfungsi sebagai pelindung, terbentuk akibat ketidakseimbangan antara permbentukan xilem dan floem yang lebih cepat dari pertumbuhan kulit. Jadi, pertumbuhan sekunder adalah pertambahan diameter batang atau cabang karena aktifitas kambium yang mebentuk xylem dan floem sekunder (Gambar 12 dan 13).



Gambar 12. Pertumbuhan primer pada apikal meristem dan pertumbuhan sekunder pada kambium



Gambar 13. Perbedaan pola pertumbuhan antara apikal meristem dengan bagian dibawahnya (kiri) dan lingkaran tahun karena aktivitas xilem sekunder (kanan)

4.3. Perkembangan Tanaman

Perkembangan dapat diartikan sebagai perubahan kualitatif (bentuk dan sifat) organisme atau bagiannya yang melibatkan perubahan struktur serta fungsi yang lebih kompleks. Siklus teratur dari perkembangan tanaman dalam hidupnya menyangkut pola perubahan yang kompleks dalam sel dan jaringan. Siklus tersebut mulai dari perkecambahan biji kemudian menjadi masa muda (*juvenile*), dewasa (*adult*), berbunga (*flowering*), dan berbuah (*fruitting*). Pada tanaman tahunan , tanaman siap kembali ke siklus muda dengan menumbuhkan tunas baru setelah periode diam beberapa saat (*dormancy*) kemudian berbunga dan berbuah kembali (demikain seterusnya), sedangkan pada tanaman setahun dan dwitahunan pembuahan dan terbentuknya biji merupakan tanda bagi tanaman tersebut untuk memasuki fase akhir dari pertumbuhan tanaman, yaitu penuaan (*senescence*) dan kematian.

Pertumbuhan dan perkembangan merupakan gejala-gejala yang saling berhubungan. Pertumbuhan seperti telah dijelaskan di atas adalah pertambahan ukuran (dan biasanya dalam berat kering) yang tidak dapat balik (*irreversible*). Sedangkan perkembangan (*development*) merupakan suatu kombinasi dari sejumlah proses yang kompleks yaitu proses diferensiasi, dan ditunjukkan oleh perubahan-perubahan yang lebih kompleks menyangkut spesialisasi secara anatomi dan fisiologi.

Perkembangan tanaman erat kaitannya dangan pembentukan organ-organ tumbuhan dan perubahan bentuk dari embrio atau biji hingga menjadi tumbuhan utuh. Hal penting yang harus dipahami dalam perkembangan adalah adanya **diferensiasi sel**. Organ tumbuhan seperti akar, batang, dan daun, semuanya tersusun atas berbagai jaringan. Perlu diketahui bahwa semua jaringan pada tumbuhan berasal dari satu jaringan, yaitu jaringan meristem, dan pada perkembangan tumbuhan terdapat mekanisme yang menyebabkan sel-sel muda (meristem) berkembang menjadi bermacam-macam sel atau jaringan dewasa. Mekanisme tersebut disebut diferensiasi.

Diferensiasi ditunjukkan oleh perubahan yang lebih tinggi (meristem menjadi kotiledon, lalu menjadi bakal daun, dan seterusnya) sehingga terjadi spesialisasi secara anatomis dan fisiologis. Diferensiasi ditentukan oleh peran gen tertentu dalam sel termasuk keterlibatan fitohormon. Proses diferensiasi mempunyai tiga syarat, yaitu:(1) hasil asimilasi yang tersedia dalam keadaan berlebihan untuk dapat dimanfaatkan pada kebanyakan kegiatan metabolisme, (2) temperatur yang menguntungkan, dan (3) terdapat sistem enzim yang tepat untuk memperantarai proses diferensiasi.

Diferensiasi adalah proses teratur yang menyebabkan sel dengan struktur dan fungsi sama menjadi berbeda. Hal tersebut terjadi selama hidup tumbuhan dan selalu diikuti oleh perubahan fisiologis yang kompleks. Diferensiasi menghasilkan sel, jaringan, dan organ terspesialisasi untuk fungsi yang berbeda. Contohnya, pada diferensiasi pembentukan bunga, struktur sel dan tempat awal tumbuhnya bunga bisa jadi sama dengan awal mula

tumbuhnya tunas pucuk, tetapi karena proses diferensianya berbeda maka yang tumbuh adalah bunga, bukan tunas vegetatif (Sudjino, 2009).

Pada proses diferensiasi, dapat terjadi dua hal penting yaitu perubahan struktural yang akan mengarah pada pembentukan organ dan perubahan kimiawi untuk meningkatkan kemampuan sel. Sebagai contoh, luka pada tumbuhan dapat merusak pola struktural tumbuhan tersebut, misalnya karena dimakan oleh herbivora atau karena luka mekanis maka sel dan jaringan pengangkut di batang atau cabang tersebut rusak. Karena terjadi luka, sel-sel dekat daerah luka merespons adanya kerusakan dengan melakukan **dediferensiasi** sehingga sel-sel yang rusak tersebut kembali menjadi bersifat meristematik dengan memprogram ulang gen-gennya untuk melakukan diferensiasi. Contoh lain, putusnya seludang pembuluh menginduksi pembelahan sel-sel parenkim di sekitar luka. Hal tersebut membentuk lapisan yang menghubungkan ujung-ujung ikatan pembuluh yang rusak dan lapisan jaringan parenkim itu kemudian berdediferensiasi menjadi jaringan pembuluh yang menghubungkan jaringan pembuluh dan menutup luka. Karena adanya mekanisme dediferensiasi ini, maka perkembangan tanaman dapat dikatakan bersifat dapat terbalikkan (*reversibel*), berbeda dengan pertumbuhan yang bersifat tidak dapat balik (*irreversible*).

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman berjalan secara simultan/bersamaan. Selama pertumbuhannya, tanaman mengalami proses diferensiasi, pematangan organ, dan peningkatan menuju kedewasaan. Pada saat itulah, tumbuhan mengalami proses yang disebut perkembangan**.** Serangkaian proses perubahan bentuk tumbuhan dalam proses pertumbuhan dan perkembangan ini disebut juga **morfogenesis**. Dari hasil perkembangan, tanaman menjadi semakin dewasa dan lengkap organnya. Proses pembentukan organ tersebut disebut sebagai **organogenesis**, yang merupakan bagian dari proses perkembangan atau morfogenesis. Perkembangan tidak dapat dinyatakan secara kuantitatif, tetapi dilihat dengan adanya peningkatan menuju pada kesempurnaan (kualitatif).

Pertumbuhan dan perkembangan pada tanaman merupakan hasil kerja sama antara faktor dalam (internal) dan faktor luar (eksternal). Salah satu faktor internal yang penting mempengaruhi perumbuhan dan perkembangan tanaman adalah **hormon tumbuh** atau zat pengatur pertumbuhan. Hormon tumbuh merupakan zat spesiûk berupa zat organik yang dihasilkan oleh suatu bagian tumbuhan, dalam konsentrasi rendah tertentu dapat mengatur pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Adanya hormon tertentu pada tumbuhan akan menyebabkan pertumbuhan dan perkembangan berlangsung lebih cepat, atau bila diperlukan secara alami tanaman bisa mengatur pertumbuhannya agar menjadi lebih lambat. Hal tersebut dimungkinkan karena tanaman secara internal memiliki hormon tumbuh (*endogenous hormone*) yang dapat memacu pertumbuhan (*hormon promotor*) seperti auksin, giberelin dan sitokinin, serta hormon tumbuh yang menghambat pertumbuhan (*hormon inhibitor*) seperti etilen dan asam absisat/ABA. Bila dianalogkan dengan mobil, hormon promotor pada tumbuhan adalah sistem gas hyang berfungsi mengatur agar pertumbuhan dan perkembangan lebih cepat, sebaliknya hormon inhibitornya adalah sistem rem yang berfungsi memperlambat pertumbuhan atau perkembangan tanaman.

4.4. Fase-Fase Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman

Fase-fase pertumbuhan dan perkembangan tanaman terdiri dari dua fase, yaitu **fase vegetatif dan fase produktif**. Fase vegetatif dimulai sejak biji mulai berkecambah, tumbuh menjadi bibit dan dicirikan oleh pembentukan daun-daun yang pertama dan berlangsung terus sampai masa berbunga dan atau berbuah yang pertama. Fase reproduktif terjadi pada pembentukan dan perkembangan kuncup-kuncup bunga, bunga, buah, dan biji atau pada pembesaran dan pendewasaan struktur penyimpanan makanan seperti akar berdaging dan batang berdaging.

4.4.1. Fase Vegetatif

Fase vegetatif terutama terjadi pada perkembangan akar, daun dan batang baru. Fase ini berhubungan dengan 3 proses penting; (1) pembelahan sel, (2) pemanjangan sel, dan (3) tahap awal dari diferensiasi sel.

Pembelahan sel terjadi pada pembuatan sel-sel baru. Sel-sel baru ini memerlukan karbohidrat dalam jumlah yang besar, karena dinding-dindingnya terbuat dari selulosa dan protoplasmanya kebanyakan terbuat dari gula. Jadi, bila faktor-faktor lain dalam keadaan favorabel, laju pembelahan sel tergantung pada persediaan karbohidrat yang cukup. Seperti telah disebutkan sebelumnya, pembelahan sel terjadi dalam jaringan-jaringan meristematik pada titik-titik tumbuh batang dan ujung-ujung akar dan pada kambium. Karena itu, jaringan-jaringan ini harus dilengkapi dengan makanan yang cukup, hormon-hormon dan vitamin-vitamin yang juga cukup jumlahnya dengan tujuan untuk membuat sel-sel baru.

Pemanjangan sel terjadi pada pembesaran sel-sel baru. Proses ini membutuhkan: (1) pemberian air yang banyak, (2) adanya hormon tertentu yang memungkinkan dinding-dinding sel merentang, dan (3) adanya gula. Daerah pembesaran sel-sel berada tepat di belakang titik tumbuh. Kalau sel-sel pada daerah ini membesar, vakuola-vakuola yang besar terbentuk. Vakuola ini secara relatif mengisap air dalam jumlah besar. Akibat dari absorpsi air ini dan adanya hormon perentang sel, sel-sel menjadi memanjang. Sebagai tambahan dari pertambahan besar sel, dinding-dindingnya bertambah tebal, karena menumpuknya selulosa tambahan yang terbuat dari gula.

Tahap awal dari diferensiasi sel atau pembentukan jaringan terjadi pada perkembangan jaringan-jaringan primer. Perkembangannya memerlukan karbohidrat, seperti penebalan dinding dari sel-sel pelindung pada epidermis batang dan perkembangan pembuluh-pembuluh kayu, baik di batang maupun di akar. Jadi kalau suatu tanaman membuat sel-sel baru, pemanjangan sel-sel tersebut dan penebalan jaringan-jaringan sebenarnya merupakan

proses mengembangkan batang, daun dan sistem perakarannya. Kalau laju pembelahan sel dan perpanjangannya serta pembentukan jaringan berjalan cepat, pertumbuhan batang, daun dan akar juga berjalan cepat. Sebaliknya, bila laju pembelahan sel lambat, pertumbuhan batang, daun dan perakaran dengan sendirinya lambat juga. Karena pembelahan, pembesaran dan pembentukan jaringan memerlukan persediaan karbohidrat dan karena karbohidrat dipergunakan dalam proses-proses ini, perkembangan batang, daun dan akar memerlukan pemakaian karbohidrat. Jadi dalam fase vegetatif dari suatu perkembangan, karbohidrat dipergunakan dan tanaman menggunakan sebagian besar karbohidrat yang dibentuknya. Dengan kata lain, fase vegetatif merupakan fase penggunaan karbohidrat (Harjadi, 1996).

4.4.2. Fase Reproduktif

Fase reproduktif terjadi pada pembentukan dan perkembangan kuncup-kuncup bunga, bunga, buah, dan biji atau pada pembesaran dan pendewasaan struktur penyimpanan makanan, akar-akar dan batang yang berdaging. Fase ini berhubungan dengan beberapa proses penting, yaitu: (1) pembuatan sel-sel yang relatif sedikit, (2) pendewasaan jaringan-jaringan, (3) penebalan serabut-serabut, (4) pembentukan hormon-hormon yang perlu untuk perkembangan kuncup bunga (primordial), (5) perkembangan kuncup bunga, bunga, buah, dan biji; perkembangan alat-alat penyimpanan, dan (6) pembentukan koloid-koloid hidrofilik (bahan yang dapat menahan air). Untuk berlangsungunya fase reproduksi ini membutuhkan suplai karbohidrat, dalam kebanyakan hal karbohidrat ini berupa pati dan gula. Dengan perkataan lain, bila suatu tanaman mengembangkan bunga, buah dan biji atau alat penyimpanan, tidaklah seluruh karbohidrat dipergunakan untuk perkembangan batang, daun dan perakaran; sebagian disisakan untuk perkembangan bunga, buah dan biji atau alat-alat persediaan/penyimpanan lainnya. Sebagai contoh, biji padi dan jagung, daging buah apel, umbi kentang dan

akar ubi jalar, batang tebu, semuanya berisi pati dan gula dalam jumlah besar. Jadi pada fase reproduktif dari perkembangan tanaman, karbohidrat disimpan (ditimbun) dan tanaman tersebut menyimpan sebagian besar karbohidrat yang dibentuknya. Jadi Fase reproduktif merupakan fase penumpukan karbohidrat (Harjadi, 1996).

4.4.3. Perimbangan Fase Vegetatif dan Reproduktif

Fase vegetatif dan reproduktif dari perkembangan tanaman dapat diumpamakan dengan suatu timbangan. Tangan satu dari timbangan dapat diandaikan fase vegetatif yaitu perkembangan batang, daun, dan akar. Sedangkan tangan satunya lagi dapat diandaikan sebagai fase reproduktif yaitu perkembangan bunga, buah dan biji, atau alat-alat penyimpanan. Menurut Harjadi (1996), konsep ini menyajikan tiga kemungkinan, yaitu:

a. Fase vegetatif mugkin dominan terhadap fase reproduktif, timbangan miring ke arah fase vegetatif.
b. Fase reproduktif mungkin dominan terhadap fase vegetatif, timbangan miring ke arah fase reproduktif.
c. Tak satu pun fase yang dominan; kedua tangan timbangan secara praktis sama tinggi (mendatar).

Namun jangan diartikan bahwa fase vegetatif berjalan tanpa fase reproduktif ataupun bahwa fase reproduktif berjalan tanpa fase vegetatif. Kalau fase vegetatif dari suatu tanaman sedang dominan, masih selalu ada sedikit fase reproduktif. Sebaliknya, kalau fase reproduktif dominan, masih selalu ada sedikit fase vegetatif. Jadi, istilah "timbangan" dipergunakan untuk menggambarkan tekanan, atau yang dipentingkan dan bukannya kepada ada atau tidaknya salah satu pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Kalau fase vegetatif dari perkembangan tanaman sedang dominan atas fase reproduktifnya, penggunaan karbohidrat dominan atas penumpukannya; lebih banyak karbohidrat yang digunakan daripada yang disimpan. Kalau fase reproduktif dominan atas fase vegetatifnya, penumpukan karbohidrat dominan atas pemakaiannya; lebih banyak karbohidrat yang disimpan daripada yang dipakai.

Kalau fase-fase vegetatif dan reproduktif seimbang, penggunaan dan penumpukan seimbang juga; secara praktis karbohidrat yang dipakai dan disimpan sama banyaknya.

Sebagai contoh, ada tiga buah tanaman tomat (A, B dan C) masing-masing sudah berumur 150 hari. Pada tanaman A fase vegetatifnya dominan terhadap fase reproduktifnya; pada tanaman B, fase reproduktif dominan atas fase vegetatifnya; dan pada tanaman C kedua fase berlangsung bersamaan besarnya. Bagaimana wujud tanaman-tanaman ini?. Tanaman A, akan sangat vegetatif, banyak terjadi perkembangan batang, daun dan akar. Batangnya sukulen (banyak mengandung air), daunnya lebar-lebar dengan perkembangan kutikula yang sedikit. Pembungaan dan pembuahan tidak akan terjadi ataupun tertekan, dinding-dinding sel akan tipis-tipis, dan jaringan-jaringan penyokong akan terbentuk dengan buruk. Dengan kata lain, kebanyakan dari karbohidrat akan digunakan untuk perkembangan akar, batang dan daun. Akibatnya, sedikit sekali karbohidrat yang tersisa untuk perkembangan kuncup bunga, bunga, buah, dan biji. Dalam hal ini, fase vegetatif adalah dominan terhadap fase reproduktif dan penggunaan karbohidrat lebih banyak daripada penumpukannya. Pertumbuhan bagian atas yang berlebihan, bersamaan dengan kurangnya pertumbuhan bunga, buah dan biji, biasanya terjadi dalam kondisi tanaman dalam masa permulaan tumbuhnya. Tanaman mempunyai laju fotosintesis yang cepat. Suhu menyokong pembelahan sel yang cepat, dan air serta bahan-bahan esensial berkecukupan. Sejumlah besar karbohidrat yang terbentuk, bersenyawa dengan persenyawaan-persenyawaan nitrogen untuk membentuk protoplasma yang dibentuk pada titik-titik tumbuh dari batang dan akar. Sebagai akibatnya proses-proses vegetatif dominan atas proses reproduktif. Tanaman B akan mempunyai pertumbuhan vegetatif yang buruk dan kerdil, akan membentuk beberapa buah. Sedikit perkembangan daun dan batangnya. Batangnya akan berkayu, ruas-ruasnya pendek, daun-daunnya agak sempit dan berkutikula tebal. Bunga dan buah akan tampak, dinding-dinding sel akan tebal, jaringan-jaringan pembuluh akan dibentuk secara baik, dan jaringan-jaringan penyimpan

akan penuh dengan pati. Karena batang sangat perlu untuk mendukung bunga dan buah dan karena pada tanaman B secara relatif mempunyai batang dan daun yang sedikit, hasil panen akan sangat sedikit. Dalam hal ini, fase reproduktif dominan atas fase vegetatifnya, dan penumpukan kabohidrat dominan atas pemakaiannya. Tanaman-tanaman yang lemah dan kerdil, biasanya akibat dari kondisi-kondisi sebagai berikut: tanaman mempunyai laju fotosintesis yang rendah atau agak rendah. Suhu atau persediaan air atau suplai unsur-unsur esensial, atau beberapa faktor tertentu yang lain, tidaklah favorable sekalipun untuk pembelahan sel yang sedang-sedang cepatnya. Sebagai akibatnya, karbohidrat menumpuk dan digunakan untuk proses reproduktif lebih lanjut dari pada untuk keperluan proses vegetatif. Tanaman C akan sedang-sedang pertumbuhan vegetatifnya, dan akan banyak buahnya. Batangnya sedang sukulennya, ruas sedang banyaknya, daun-daun sedang luasnya dengan pembentukan kutikula yang normal. Pembungaan dan pembuahan akan berlangsung bersamaan dengan pembentukan batang, daun dan akar. Dinding sel akan cukup tebalnya, dan pembentukan jaringan-jaringan pembuluh akan normal. Dalam hal ini, jumlah karbohidrat yang sedang-sedang digunakan untuk perkembangan bunga, buah dan alat-alat cadangan makanan. Karena kedua fase vegetatif dan reproduktif tidaklah dominan, penggunaan dan penumpukan karbohidrat tidak ada yang dominan dan masing-masing fase berlangsung secara bersamaan besarnya. Pertumbuhan bagian atas yang sedang, bersama-sama dengan perkembangan bunga, buah dan biji, biasanya berlangsung pada kondisi-kondisi tanaman mempunyai laju fotosintesis yang tinggi. Suhu dan keadaan lingkungan yang lainnya menyokong pembelahan sel yang sedang-sedang kecepatannya. Sebagai akibat tidak semua karbohidrat digunakan untuk perkembangan batang dan daun; sebagian disisakan untuk perkembangan bunga dan buah. Proses-proses vegetatif dan reproduktif tidak ada yang dominan, dan tanamannya mempunyai pertumbuhan vegetatif yang sedang dan berbuah banyak. Jadi pertumbuhan akar, batang dan daun dihubungkan dengan penggunaan karbohidrat, dan

perkembangan bunga, buah dan biji atau sel-sel cadangan dihubungkan dengan penumpukan karbohidrat (Tabel 6). Dalam kaitan tersebut, maka: (1) yang berhubungan dengan penggunaan karbohidrat adalah sukulensi yang berlebihan, mudah patah (renyah atau getas), berair (*juicy*), beberapa sifat yang sangat diinginkan pada suatu tanaman, untuk sayuran dan buah, dan (2) yang berhubungan dengan penumpukan karbohidrat adalah tidak "sukulen", berkayu, dan tahan terhadap kedinginan dan kepanasan atau kekeringan, sifat-sifat yang sangat diinginkan pada tanaman lain (tanaman-tanaman yang akan dipindahkan/ transplanting).

Tabel 6. Perimbangan fase vegetatif dan reproduktif (Harjadi, 1996)

Perkembangan V - R	Keadaan karbohidrat	Wujud tanaman
Proses-proses vegetatif lebih besar daripada proses reproduktif	Penggunaan lebih besar daripada penumpukan	Sangat kekar (vigorous) pertumbuhan vegetatif hebat. Pembuahan tertekan/terlambat. Pertumbuhan batang dan daun cepat.
Proses-proses reproduktif lebih besar daripada roses vegetatif	Penumpukan lebih besar daripada penggunaan	Tidak kekar (vigorous) kerdil pertumbuhannya. Pembungaan dan pembuahan cepat. Hasil panen rendah.
Proses-proses vegetatif dan reproduktif sama besar	Penggunaan dan penumpukan sama besar	Tanaman sedang pertumbuhannya. Bunga dan buah tidak tertekan/terlambat. Tanaman produktif.

4.4.4. Perimbangan Fase Reproduktif-Vegetatif dan Tipe-tipe Pertumbuhan

Seperti diuraikan di atas, fase vegetatif mungkin dominan atas fase reproduktif, atau fase reproduktif mungkin dominan atas fase vegetatif atau fase vegetatif dan reproduktif tidak satupun yang nampak dominan. Beberapa tanaman pertanian memerlukan suatu dominansi dari proses-proses vegetatifnya sepanjang lingkungan hidupnya,

dan yang lainnya memerlukan dominansi proses-proses vegetatif selama bagian pertama dari lingkaran hidupnya dan seimbang antara proses-proses vegetatif dan reproduktif semasa akhir hidupnya. Pada umumnya, semua tanaman memerlukan dominansi dari fase-fase vegetatif selama tahap semai. Sesudah tahap ini, tanaman-tanaman dapat dibagi ke dalam tiga kelompok yang sedikit banyak dapat dibeda-bedakan menjadi:

1. Tanaman-tanaman berbatang basah yang memerlukan suatu dominansi dari fase vegetatif selama tahap pertama hidupnya, dan dominansi dari fase reproduktif selama masa akhir hidupnya, dimana yang pertama kehilangan dominansinya secara berangsur-angsur
2. Tanaman berbatang basah yang tidak memerlukan dominansi dari kedua fase vegetatif maupun reproduktif. Jadi keduanya harus seimbang
3. Tanaman berkayu yang memerlukan suatu dominansi dari fase vegetatif selama bagian pertama dari tiap musim dan dominansi fase reproduktif selama bagian terakhir dari musim itu. Contoh dari masing-masing kelompok seperti Tabel 7.

Tabel 7. Penggolonan tanaman menurut tipe pertumbuhannya Harjadi (1996)

Golongan	Contoh Tanaman
1	Padi, jagung, sorgum, kubis, seledri, kentang, bawang, anyelir, seruni
2	Kacang hijau, tomat, terong, okra, timun, kapri, cabai rawit, bunga violet
3	Cengkeh, apel, durian, mangga, rambutan, dan lain-lain

Memahami dengan baik perimbangan fase vegetatif dan reproduktif pada tanaman hortikultura sangat penting karena karakter tanaman hortikultura sangat beragam. Pada jenis tertentu yang bernilai ekonomi adalah buahnya tetapi yang lainnya bisa daun, bunga, umbi atau batangnya. Dengan mengerti perimbangan vegetatif dan reproduktif maka tanaman yang diusahakan dapat dimanipulasi sedemikian

rupa agar memproduksi bagian yang bernilai ekonomis seoptimal mungkin. Hal ini disebabkan karena suatu dominansi dari fase vegetatif mungkin diingini dalam suatu tanaman dan suatu dominansi dari fase reproduktif mungkin diinginkan untuk tanaman yang lain. Sampai batas-batas tertentu perimbangan fasee vegetatif dan reproduktif dapat diatur melalui teknik budidaya dengan mengoptimalkan faktor lingkungan yang mempengaruhi. Faktor lingkungan tersebut antara lain suplai air, suhu, suplai cahaya, dan suplai unsur hara. Karena faktor-faktor ini biasanya membatasi pertumbuhan dan perkembangan tanaman, bisa disebut faktor-faktor tersebut sebagai faktor pembatas dari pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

BAB V.
REPRODUKSI DAN PEMBIAKAN TANAMAN

Reproduksi merupakan proses biologis suatu individu untuk menghasilkan individu baru. Reproduksi merupakan cara dasar mempertahankan diri yang dilakukan oleh semua bentuk kehidupan oleh pendahulu setiap individu organisme untuk menghasilkan suatu generasi selanjutnya. Reproduksi atau sering juga disebut p**erkembangbiakan** adalah kemampuan makhluk hidup untuk menghasilkan individu baru yang sifatnya sama atau menyerupai induknya. Tujuan reproduksi atau perbanyakan adalah untuk menghasilkan keturunan sehingga dapat melestarikan jenisnya. Setiap individu organisme ada sebagai hasil dari suatu proses reproduksi atau perkembangbiakan oleh pendahulunya. Cara reproduksi secara umum dibagi menjadi dua jenis yaitu reproduksi generatif (seksual) dan reproduksi vegetatif (aseksual) (Sedley dan Griffin, 1989).

5.1. Reproduksi/Perbanyakan Secara Generatif

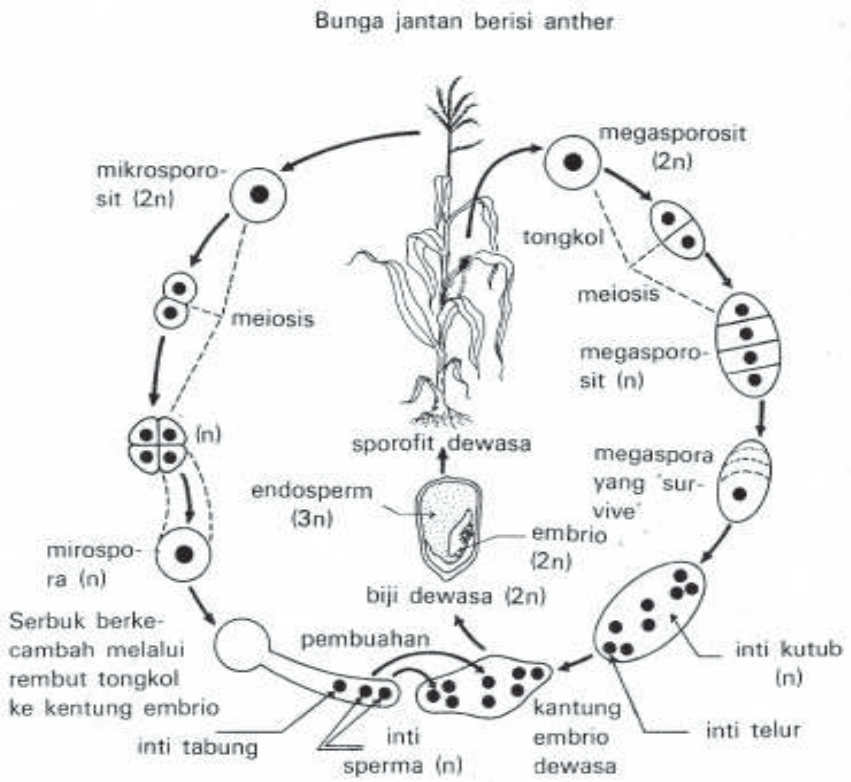
5.1.1. Lingkaran Hidup Tanamam

Secara garis besar, tahapan dari siklus hidup tanaman adalah tahap tumbuh mulai dari biji-kecambah-anakan-

pohon), tahap berkembangbiak (berbunga-kawin/ penyerbukan-buah/biji), selanjutnya mati. Lingkaran hidup tanaman dari keseluruhan tahapan siklus hidup tersebut sesungguhnya terdiri atas rentetan peristiwa perkembangbiakan yang menyangkut pergantian tahap-tahap diploid (*sporofitik*) dan haploid (*gametofitik*) seperti terlihat pada lingkaran hidup jagung pada Gambar 14.

Tahap haploid dihasilkan oleh sporofit lewat pembelahan meiotik. Sel-sel haploid yang dihasilkan mengalami pembelahan mitotik dan menghasilkan suatu kesatuan yang nyata yang disebut gametofit. Penyatuan dari gamet jantan dan gamet betina memulihkan keadaan diploid dan menghasilkan embrio yang akan menghasilkan sporofit. Pada tanaman berbiji, tahap atau generasi sporofit (2n) adalah dominan dan berdikari, sedangkan generasi gametofitik (n) sangatlah singkat, tidak berdikari dan memarasit sporofitnya. Keadaan tersebut merupakan kebalikan dari tanaman-tanaman primitif atau tanaman tingkat rendah seperti pakis dan lumut.

Pada tanaman tingkat tinggi, gamet jantan atau tepung sari/spora terbentuk pada anther dan biasanya terdiri atas dua inti spema (gamet) dan sebuah inti tabung. Gametofit betina terbentuk pada bagian ovary yang khusus, disebut ovule. Walaupun terdapat berbagai pola, gamet betina yang berkembang biasanya terdiri atas delapan inti dan dikenal sebagai kantong embrio (*embryo sac*). Sebuah inti merupakan telur, dua inti kutub (polar) yang nantinya menyumbang untuk terbentuknya endosperm (suatu jaringan yang menyokong embrio ketika masih muda), dan lima inti lainnya fungsinya tidak jelas dan belum terungkap sampai saat ini.



Gambar 14. Lingkaran hidup jagung, menunjukkan pembentukan tepung sari dan kantong embrio (Janick *et al.,* 1969).

5.1.2. Penyerbukan dan Pembuahan

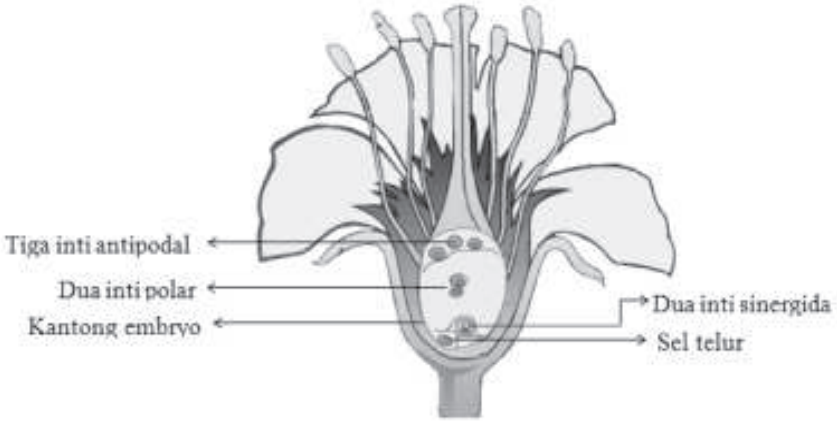
Reproduksi generatif (seksual) adalah perkembang-biakan yang didahului oleh adanya peleburan antara sel kelamin jantan dan sel kelamin betina melalui proses pembuahan. Pembuahan (*fertilization*) pada tumbuhan berbiji akan terjadi kalau didahului adanya proses penyerbukan/ persarian (*pollination*). Sistem penyerbukan tanaman dapat ditentukan dengan mempelajari struktur bunga, waktu masak putik atau benang sari, serta ada tidaknya sterilitas dan kompatibilitas antara putik dan benang sari.

Perbanyakan secara generatif dimulai dari terbentuknya biji. Biji terbentuk dari penyerbukan dan pembuahan, kecuali biji apomiktif (misalnya pada manggis dan jeruk) terbentuk tanpa ada pembuahan. Setelah anthesis (bunga mekar) terjadi penyerbukan dan pembuahan. Penyerbukan adalah peristiwa menempelnya serbuk sari (*pollen*) ke kepala putik (*stigma*), sedangkan pembuahan adalah bersatunya sel kelamin jantan dan betina. Pembuahan akan terjadi apabila inti sperma dari serbuk sari dan inti sel telur melebur menjadi satu. Hal tersebut dapat berjalan lancar apabila serbuk sari dan inti sel telur dalam keadaan sehat dan subur (*fertile*). Serbuk sari harus mempunyai daya tumbuh yang tinggi, sedang kepala putik harus merupakan medium yang baik untuk perkecambahan dan pertumbuhan serbuk sari. Pembuahan akan gagal apabila serbuk sari dan sel telur tidak subur (*sterile*), atau antara serbuk sari dan sel telur mengalami ketidakcocokan (*incompatible*).

Setelah serbuk sari menempel pada kepala putik, maka serbuk sari tersebut akan tumbuh memanjang dan masuk ke dalam saluran tangkai putik menuju ke ruang bakal buah sampai ujungnya dapat menyentuh kantong embrio. Pembuahan terjadi pada kantong embrio dan bakal biji yang telah masak, yaitu yang telah mengandung 8 buah inti (*nuclei*) dan letaknya telah teratur dalam 3 kelompok (Gambar 15 dan 16). Kelompok pertama, terdiri atas 1 inti sel telur (*ovum*) ditambah 2 inti sinergida yang dalam kantong embrio terletak dibagian ujung dekat mikropile; kelompok kedua, terdiri atas 2 inti polar terletak di bagian tengah dari kantong embrio; dan kelompok ketiga, terdiri atas 3 inti antipodal terletak di bagian ujung lainnya dari kantong embrio.

Dalam proses pembuahan dalam kantong embrio hanya 3 buah inti yang terlibat, sedangkan 5 inti lainnya yang tidak mengalami pembuahan akan segera mati setelah proses pembuahan berakhir. Setelah terjadi pembuahan, maka bakal buah bersama dengan bagian-bagian lainnya akan tumbuh membesar sambil mengalami perubahan bentuk, yaitu inti sel telur membentuk zigot, 2 inti polar menjadi endosperm, inti bakal biji menjadi perisperm, selaput dalam

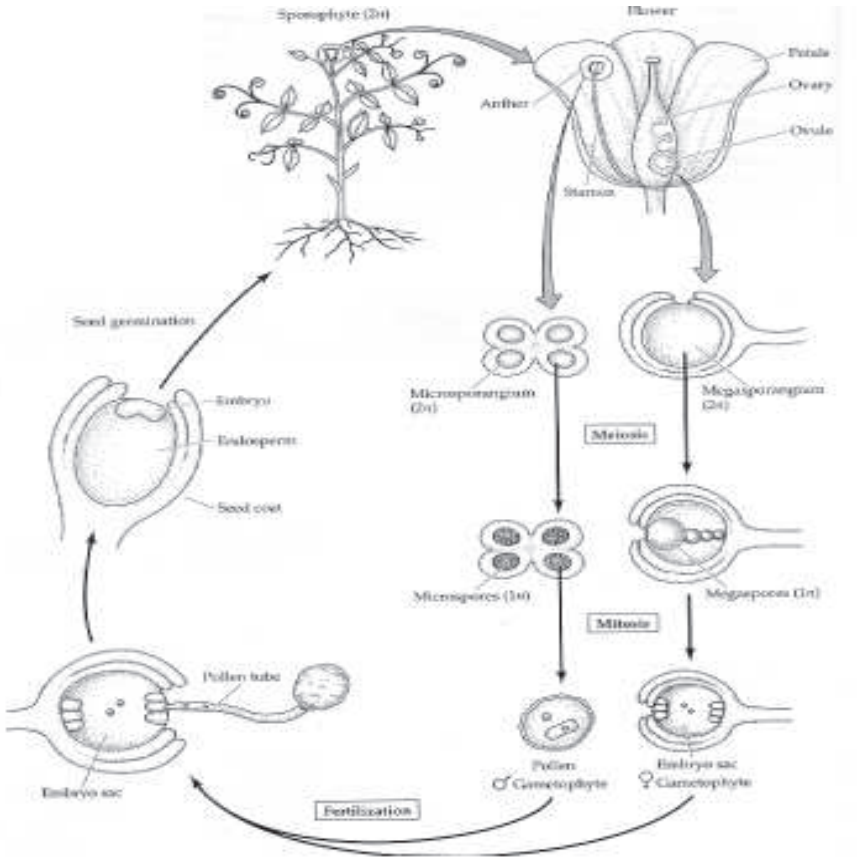
dari bakal biji menjadi kulit biji sebelah dalam, selaput luar dari bakal biji menjadi kulit biji sebelah luar, bakal biji menjadi biji, daun buah menjadi kulit buah dan bakal buah menjadi buah. Zigot yang terjadi sebagai hasil peleburan antara inti sel telur dengan inti sperma akan tumbuh menjadi embrio, yaitu bakal tanaman yang masih kecil di dalam biji yang lengkap dengan bakal akar, bakal batang dan bakal tunas.



Gambar 15. Kantung embryo dari bakal biji (*ovulum*) yang telah masak mengandung 8 buah inti yang letaknya telah terartur dalam 3 kelompok

Berdasarkan strukturnya, bunga pada tanaman dapat dikelompokkan menjadi:

1. Bunga lengkap, yaitu bunga yang memiliki dua organ seks (benang sari dan putik) dan dua perhiasan bunga (kelopak dan mahkota). Contoh tanaman yang memiliki bunga lengkap antara lain ubi jalar, ubi kayu, kacang tanah, cabai, mangga, dan jambu biji.
2. Bunga tidak lengkap, yaitu bunga yang tidak memiliki satu dari keempat bagian bunga lengkap. Contohnya, bunga tanaman padi dan papaya betina.



Gambar 16. Reproduksi biji pada tanaman berbunga melibatkan penyerbukan dan pembuahan (Acquaah, 2009)

Berdasarkan kelengkapan organ seksualnya, bunga dapat dikelompokkan menjadi:

1. Bunga sempurna, yaitu bunga yang memiliki organ seksual lengkap (benang sari dan putik), disebut juga bunga hermaprodit. Contohnya, bunga tanaman padi, ubi jalar, ubi kayu, kacang tanah, cabai, mangga, dan jambu biji.
2. Bunga tidak sempurna, yaitu bunga yang tidak memiliki salah satu dari organ seksual. Contohnya, salak pondoh, dan papaya betina.

5.1.3. Struktur Biji

Biji merupakan bagian yang berasal dari bakal biji dan di dalamnya mengandung calon individu baru, yaitu lembaga. Lembaga diperoleh setelah terjadi penyerbukan atau persarian yang diikuti oleh pembuahan. Perbedaan antara biji monokotil dan dikotil, yaitu biji monokotil berkeping satu, terrdapat endosperma, dan makanan untuk pertumbuhan embrio di peroleh dari endosperma, sedangkan biji dikotil berkeping dua, tidak ada endosperma, dan makanan untuk pertumbuhan embrio di peroleh dari kotiledon

Biji terdiri atas kulit biji, cadangan makanan, dan embrio. Kulit biji (testa) terletak paling luar. Lapisan testa dibedakan menjadi *sarkotesta* (lapisan terluar), *sklerotesta* (lapisan bagian tengah, tebal dan keras) dan *endotesta* (lapisan terdalam, tipis dan berdaging). Testa berasal dari intergumen ovule yang mengalami modifikasi selama pembentukan biji berlangsung. Seluruh bagian intergumen dapat berperan dalam pembentukan kulit biji. Akan tetapi pada kebanyakan biji sebagian besar dari jaringan intergumen itu dihancurkan dan diserap oleh jaringan berkembang lain pada biji itu. Pada kulit biji beberapa tumbuhan dapat dijumpai suatu lapisan sel memanjang secara radial, yang menyerupai palisade tetapi tanpa ruang interseluler yang dinamakan sel malpighi. Lapisan itu terdiri atas selulosa, lignin dan juga kitin. Pada biji-biji tertentu ada lapisan luar yang menjadi berlendir apabila terkena air. Lendir merupakan bagian berpektin pada lapisan dinding selnya yang akan mengembung bila terkena air dan akan memperlihatkan tekstur bergaris-garis.

Cadangan makanan pada biji jumlahnya bervariasi, ada biji yang memiliki cadangan makakan sedikit tapi ada juga yang banyak. Cadangan makanan bersel kecil berwarna putih agak kelabu, berdinding tipis, mengandung butir aleuron dan tetes minyak serta bahan cadangan tersimpan di dalam selnya. Biji yang sedikit atau bahkan tidak ada cadangan makanannya disebut biji eskalbumin. Cadangan makanan berfungsi sebagai jaringan penyimpan. Cadangan makanan memperkuat daya serap biji akan hara yang

diperlukan tumbuhan dalam perkembangannya. Perkembangan cadangan makanan umumnya dimulai sebelum perkembangan embrio. Cadangan makanan berkembang dari pembelahan mitosis inti endosperm yang dihasilkan dari peleburan salah satu gamet jantan dengan dua inti kutub atau dengan inti sekunder. Cadangan makanan tersebut kaya akan zat-zat makanan yang disediakan bagi embrio yang sedang berkembang. Pada sebagian besar monokotil, cadangan makanan menumpuk zat-zat makanan yang digunakan oleh biji setelah perkecambahan yang biasa disebut dengan endosperm. Pada banyak dikotil, cadangan makanan diangkut ke kotiledon (keping biji) sebelum biji itu menyelesaikan perkembangannya. Cadangan makanan pada biji mempunyai dua tipe dinding sel.

Embrio adalah calon tanaman baru yang terjadi dari bersatunya gamet jantan dan betina. Embrio merupakan sporofit muda, pada beberapa tumbuhan embrionya mempunyai kloroplas dan berwarna hijau. Embrio dikelilingi oleh kotiledon dan endosperma yang merupakan persediaan makanan. Calon tumbuhan baru yang akan tumbuh menjadi tumbuhan baru terdiri atas: (1) radikula (akar lembaga atau calon akar), pada **d**ikotil akan berkembang menjadi akar tunggang sedangkan pada monokotil aka berkembang menjadi akar serabut, (2) kotiledon (daun lembaga), merupakan daun kecil yang terletak di bawah daun pertama kecambah, dan (3) *cauliculus* (batang lembaga) yaitu ruas batang di atas daun lembaga (*internodium epicotylum*) dan ruas batang di bawah daun lembaga (*internodium hypocotylum*).

5.1.4. Perkecambahan Biji

Perkecambahan (*germination*) merupakan tahap awal perkembangan suatu tumbuhan, khususnya tumbuhan berbiji. Dalam perkecambahan, embrio di dalam biji yang semula berada pada kondisi dorman mengalami sejumlah perubahan fisiologis yang menyebabkan ia berkembang menjadi tumbuhan muda. Secara definisi **perkecambahan**

adalah peristiwa tumbuhnya embrio di dalam biji menjadi tanaman baru. Biji akan berkecambah jika berada dalam lingkungan yang sesuai. Tersedinya air dalam julah yang cukup, suhu yang optimum untuk kerja enzim, oksigen yang cukup, cahaya dan kelembaban yang sesuai merupakan beberapa syarat penting terjadinya perkecambahan.

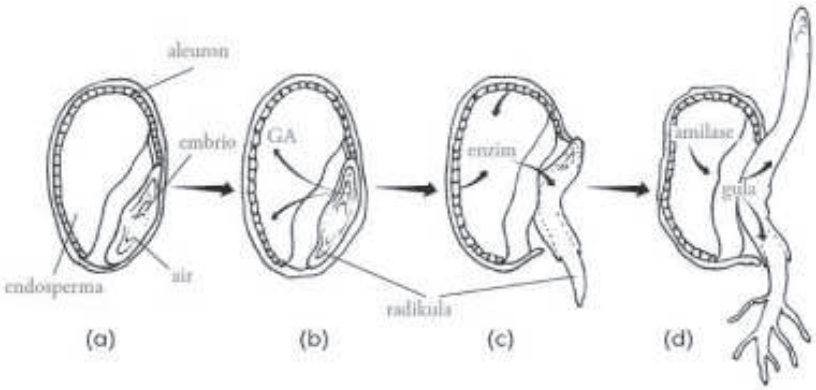
Perkecambahan terdiri atas dua proses yaitu proses fisika dan proses kimia. Proses fisika diawali dengan penyerapan air oleh biji hingga setiap selnya terisi cukup air. Adanya pasokan air menyebabkan komponen-komponen sel dalam biji mulai bekerja. Biji menyerap air dari lingkungannya karena potensial air pada biji lebih rendah dibandingkan potensial air lingkungannya. Selanjutnya terjadi proses kimia yang melibatkan hormon dan enzim. Setelah biji memiliki pasokan air yang cukup, biji akan mengembang dan menyebabkan kulit biji pecah. Setalah itu, embrio akan aktif melepaskan hormon giberelin yang berperan dalam sintesis protein dan enzim. Enzim yang dihasilkan berperan dalam menghidrolisis cadangan makanan yang terdapat dalam kotiledon dan endosperma sehingga menghasilkan molekul kecil yang kemudian diserap kotiledon selama pertumbuhan embrio menjadi bibit tanaman.

Berdasarkan tahapannya, perkecambahan biji dapat dibedakan menjadi empat tahap, yaitu:

1. Imbibisi. Perkecambahan biji bergantung pada imbibisi (menyerap air). Pada tahap ini, biji menyerap air dari lingkungan sekitarnya. Proses penyerapan terjadi karena adanya perbedaan potensial air antara biji dan lingkungan sekitarnya. Air yang berimbibisi menyebabkan biji mengembang, memecahkan kulit biji, dan memicu perubahan metabolik pada embrio yang menyebabkan biji tersebut melanjutkan pertumbuhannya.
2. Pembentukan enzim. Dengan masuknya air ke dalam biji, enzim akan bekerja dengan aktif. Jika embrio terkena air, embrio menjadi aktif dan melepaskan hormon giberelin (GA). Hormon ini memacu aleuron untuk membuat (mensintesis) dan mengeluarkan enzim (Gambar 17). Enzim yang dikeluarkan antara lain:

enzim á-amilase, maltase, dan enzim pemecah protein.

3. Pemanjangan sel radikula. Pada tahap ini radikula (akar embrionik) memanjang ke luar menembus kulit biji dan nantinya akan berkembang menjadi akar. Radikula adalah bakal calon akar yang tumbuh selama masa perkecambahan, fungsinya untuk menyokong dan menyuplai bahan-bahan makanan untuk di proses pada bagian tanaman lainnya.
4. Pertumbuhan kecambah. Pada tahap ini embrio tumbuh dan berkembang. Proses perubahan embrio saat perkecambahan adalah plumula tumbuh dan berkembang menjadi batang. Munculnya tumbuhan kecil (*plantula*) dari dalam biji merupakan hasil pertumbuhan dan perkembangan embrio.

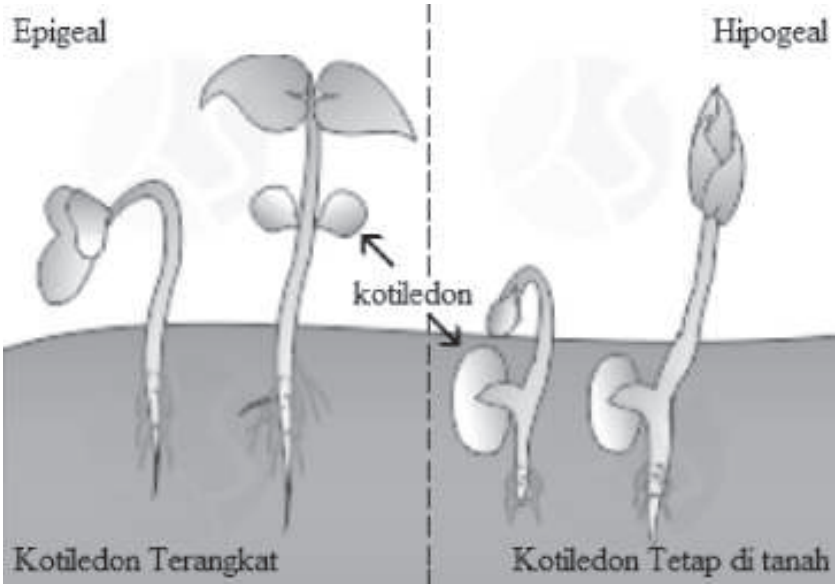


Gambar 17. Biji jagung yang dibuka hingga terlihat bagian aleuron, embrio dan endosperma (a) embrio menyerap air, (b) embrio mengeluarkan GA ke aleuron, (c) aleuron mengeluarkan enzim dan enzim menuju ke endosperma, dan (d) enzim bekerja menguraikan zat makanan hingga diperoleh energi untuk perkecambahan (Campbell *et al.* 2008)

Tumbuhan monokotil dan dikotil akan menghasilkan struktur kecambah yang berbeda. Perbedaaan tersebut terjadi karena tumbuhan monokotil dan dikotil memiliki struktur biji yang berbeda. Berdasarkan letak kotiledonnya,

perkecambahan dapat dibedakan menjadi dua macam (Gambar 18), yaitu:

1. **Perkecambahan Epigeal**, yaitu perkecambahan yang mengakibatkan kotiledon terangkat keatas tanah. Ruas batang di bawah daun lembaga (hipokotil) akan tumbuh lurus mengangkat kotiledon dan epikotil. Dengan demikian epikotil dan kotiledon terangkat ke atas permukaan tanah. Epikotil memunculkan helai daun pertamanya. Sedang kotiledon akan layu dan rontok karena cadangan makanannya telah habis oleh embrio yang berkecambah. Contohnya pada perkecambahan kacang hijau dan kacang tanah.
2. **Perkecambahan Hypogeal**, yaitu perkecambahan yang mengakibatkan kotiledon tetap tertanam di bawah. Tumbuhnya epikotil memanjang sehingga plumula keluar menembus kulit biji dan muncul di atas permukaan tanah, sedangkan kotiledon tertinggal di dalam tanah. Contohnya pada perkecambahan kacang kapri dan jagung.



Gambar 18. Perbedaan perkecambahan epigeal dan hypogeal

5.2. Reproduksi/Perbanyakan Secara Vegetatif

Reproduksi atau perbanyakan aseksual sebagai dasar dari pembiakan vegetatif adalah terjadinya individu baru tanpa didahului peleburan dua sel gamet, tetapi tanaman memulihkan dirinya dengan regenerasi jaringan-jaringan dan bagin-bagian yang hilang. Perkembangbiakan secara vegetatif dapat dibedakan menajdi dua macam, yaitu reproduksi vegetatif alami dan reproduksi vegetatif buatan.

5.2.1. Reproduksi Vegetatif Alami

Reproduksi vegetatif alami adalah terjadinya individu baru tanpa adanya campur tangan manusia, dapat terjadi dengan beberapa cara, yaitu:

1. Melalui pembelahan sel, terjadi pada tumbuhan bersel satu, misalnya alga bersel satu Chlorella, Chlamydomonas, dan lain-lain.
2. Melalui spora vegetatif, terjadi pada tumbuhan yang mampu menghasilkan spora misalnya pada tumbuhan paku, dan ganggang.
3. Dengan rizoma atau rimpang, yaitu modifikasi batang tumbuhan yang tumbuhnya menjalar di bawah permukaan tanah dan dapat menghasilkan tunas dan akar baru dari ruas-ruasnya. Contohnya pada suku temu-temuan (*Zingiberaceae*) seperti lengkuas, temulawak, dan kunyit dan pada suku paku-pakuan (*Pteridophyta*).
4. Dengan stolon atau geragih, yaitu modifikasi batang atau cabang batang yang memiliki perubahan bentuk dan penambahan fungsi yang tumbuh menyamping dan di ruas-ruasnya tumbuh bakal tanaman baru. Stolon atau geragih biasanya berbuku-buku dan beruas-ruas, dari ruas-ruas ini akan muncul tunas-tunas dan setelah beberapa waktu tanaman ini tumbuh memanjang dan menjauhi induknya lalu membengkok ke atas membentuk individu baru. Contohnya pada pegagan (*Sentela asiatica*), rumput teki (*Cyperus rotundus*), arbei, dan lain sebagainya.

5. Dengan umbi batang, yaitu umbi yang terbentuk dari batang atau struktur modifikasi batang, tumbuh dan berkembang di dalam tanah dan ujungnya menggelembung menjadi umbi. Umbi batang sebenarnya merupakan cadangan makanan bagi tumbuhan itu. Pada permukaan umbi batang tumbuh sisik dan kuncup membentuk mata tunas yang nantinya akan memunculkan tunas maupun akar, sehingga kerap kali dijadikan bahan perbanyakan vegetatif oleh manusia. Contohnya pada kentang (*Solanum tuberosum*).
6. Dengan umbi lapis (*bulbus*), yaitu sejenis umbi yang terbentuk dari tumpukan (pangkal) daun yang tersusun rapat dalam format roset, pada bagian pangkalnya agak keras yang disebut cakram (*discus*). Dari cakram tersebut tumbuh lapisan-lapisan daun yang tebal, lunak, dan berair. Umbi lapis berbeda dari jenis umbi lainnya karena dalam umbi lapis tidak ada akumulasi karbohidrat dalam bentuk polisakarida. Pembesaran terjadi karena berkumpulnya cairan di sel-selnya. Contohnya pada bawang merah dan bawang putih.
7. Dengan umbi akar, yaitu akar yang tumbuh membesar karena berisi cadangan makanan. Jika umbi akar ditanam bersama dengan pangkal batangnya, maka pada pangkal batang itu akan tumbuh tunas. Tunas tersebut merupakan tumbuhan baru. Contohnya pada antara lain dahlia, wortel, lobak, dan ketela pohon.
8. Dengan tunas adventif, yaitu tunas yang keluar atau tumbuh selain dari ujung batang, atau ujung ranting dan ketiak daun. Tunas pada umumnya tumbuh dari ujung batang atau ujung ranting dan ketiak daun, namun ada juga tunas yang tumbuh dari bagian lain seperti dari akar atau dari daun yang disebut dengan tunas adventif atau tunas liar. Tunas ini memiliki akar dan daun sendiri sehingga terlihat seperti menempel pada tanaman induknya. Contohnya pada cocor bebek, cemara, sukun dan kersen.
9. Dengan tunas anakan, yaitu anakan yang muncul di samping tumbuhan induknya, sering juga disebut dengan bonggol. Contohnya pada tanaman pisang dan bambu.

5.2.2. Reproduksi Vegetatif Buatan

Reproduksi secara vegetatif buatan yaitu pembiakan tanaman dengan cara tak kawin dan dengan bantuan manusia, misalnya perbanyakan dengan setek, okulasi, penyambungan, pencangkokan, dan perbanyakan dengan kultur jaringan.

5.2.2.1. Perbanyakan dengan Setek (*cutting*)

Setek adalah perbanyakan tanaman dengan cara pemisahan atau pemotongan bagian tanaman seperti batang, daun, pucuk, dan akar untuk ditumbuhkan menjadi tanaman baru. Sebagai alternatif perbanyakan vegetatif buatan, setek lebih ekonomis, lebih mudah, tidak memerlukan keterampilan khusus dan lebih cepat dibandingkan dengan cara perbanyakan vegetatif buatan lainnya. Cara perbanyakan dengan metode setek akan kurang menguntungkan jika bertemu dengan kondisi tanaman yang sukar berakar, akar yang baru terbentuk tidak tahan stress lingkungan dan adanya sifat plagiotrop tanaman yang masih bertahan. Keberhasilan perbanyakan dengan cara setek ditandai oleh terjadinya regenerasi akar dan pucuk pada bahan setek sehingga menjadi tanaman baru yang *true to name* dan *true to type*. Jenis tanaman yang dapat diperbanyak dengan cara setek adalah tanaman berkayu seperti jambu air, kedondong, anggur, kopi, dan soka serta beberapa tanaman tak berkayu seperti cocor bebek, ketela pohon, ketela rambat, dan peraksok. Cara menyetek sangat beragam tergantung jenis setek yang digunakan seperti batang, daun, pucuk, atau akar.

Menurut Acquaah (2009), regenerasi akar dan pucuk pada perbanyakan dengan setek dipengaruhi oleh faktor internal yaitu tanaman induk bahan setek dan faktor eksternal yaitu lingkungan sekitar. Salah satu faktor internal yang mempengaruhi regenerasi akar dan pucuk pada setek adalah faktor genetic dan kandungan fitohormon yang berfungsi sebagai zat pengatur tumbuh. Jenis tanaman yang berbeda mempunyai regenerasi yang berbeda pula. Untuk menunjang

keberhasilan perbanyakan tanaman dengan cara setek, tanaman sumber seharusnya memiliki sifat-sifat unggul serta tidak terkena hama dan penyakit. Selain itu, manipulasi terhadap kondisi lingkungan dan status fisiologi tanaman sumber juga penting dilakukan agar tingkat keberhasilan setek tinggi. Kondisi lingkungan dan status fisiologi yang penting bagi tanaman sumber dan bahan setek diantaranya, yaitu:

1. Status air bahan setek. Setek yang baik adalah kandungan airnya dalam keadaan turgid. Oleh karena itu pengambilan setek sebaiknya dilakukan pada pagi hari agar bahan setek kandungan air selnya dalam keadaan turgid.
2. Temperatur tempat penumbuhan setek. Setek lebih baik ditumbuhkan pada suhu 12 °C hingga 27 °C dengan kelembaban yang cukup melalui penyiraman secara teratur dan optimal.
3. Cahaya. Intensitas cahaya dan lama penyinaran yang dibutuhkan setek untuk tumbuh menjadi tanaman baru tergantung pada jenis tanaman, sehingga penyemaian setak seharusnya ditumbuhkan pada kondisi cahaya yang tepat.
4. Kandungan karbohidrat bahan setek. Kandungan karbohidrat yang tinggi pada bahan setek akan lebih memudahkan setek berkembang menjadi tanaman baru. Untuk meningkatkan kandungan karbohidrat bahan setek pada tanaman sumber bisa dilakukan dengan pengeratan untuk menghalangi translokasi karbohidrat dari bahan setek yang akan diambil sebagai bahan perbanyakan. Pengeratan juga berfungsi menghalangi translokasi hormon dan substansi lain yang mungkin penting bagi pengakaran, sehingga terjadi akumulasi zat-zat tersebut pada bahan setek. Karbohidrat digunakan dalam pengakaran untuk membangun kompleks makromolekul, elemen struktural dan sebagai sumber energi. Walaupun kandungan karbohidrat dalam bahan setek tinggi, tetapi jika rasio C/N rendah maka inisiasi akar juga akan terhambat karena unsur N berkorelasi negatif dengan pengakaran setek (Acquaah, 2009).

5. Faktor lingkungkan tumbuh setek yang cocok sangat berpengaruh pada terjadinya regenerasi akar dan pucuk. Lingkungan tumbuh atau media pengakaran seharusnya kondusif untuk regerasi akar yaitu cukup lembab, evapotranspirasi rendah, sistem drainasi dan aerasi baik, suhu media tidak terlalu dingin atau panas, tidak terkena cahaya penuh, dan bebas dari hama atau penyakit.

Beberapa metode atau teknik dalam perbanyakan vegetatif dengan setek, yaitu:

1. Setek batang (*stem cutting*), dilakukan dengan cara mengambil bahan setek berupa bagian batang atau cabang pohon induk. Setek batang merupakan salah satu perbanyakan vegetatif tanaman dengan menggunakan potongan batang, cabang, atau ranting tanaman induknya. Setek batang disebut juga setek kayu atau setek ranting. Setek batang banyak digunakan untuk memperbanyak tanaman hias dan tanaman buah. Syarat mutlak tanaman yang akan diperbanyak secara setek batang adalah harus memiliki kambium. Beberapa tanaman yang bisa diperbanyak dengan teknik ini diantaranya kedondong, ketela pohon, jambu air, jeruk, bougenvil, kembang sepatu, mawar, dan melati.
2. Setek pucuk (*shoot cutting*), yaitu metode perbanyakan vegetatif dengan cara menumbuhkan terlebih dahulu tunas-tunas axilar pada media persemaian sampai berakar sebelum dipindahkan ke lapangan. Dalam perkembangannya teknik ini dilakukan dengan menggunakan materi yang berukuran kecil sehingga dikenal dengan istilah *mini cuttings* dan *micro cuttings* seperti pada tanaman perbanyakan tanaman jeruk bebas CVPD.
3. Setek daun (*leafly cutting*), yaitu salah satu teknik setek yang menggunakan bagian daun tanaman atau daun yang bertunas. Bahan awal perbanyakan yang dapat digunakan pada setek daun dapat berupa lembaran daun penuh (*full leaf cuttings*) atau sebagian dari lembaran daun (*partial leaf cuttings*), setek tulang daun (*leaf-vein*

cuttings) dan setek tunas daun (*leaf-bud cuttings*). Setek tunas daun terdiri atas sepotong kecil batang (2,5-3 cm) dengan daun dan tunas muda diketiak daun tersebut, misalnya pada perbanyakan Rhododendron (Acquaah, 2009). Bahan awal perbanyakan yang digunakan untuk setek daun tidak akan menjadi bagian dari tanaman baru. Akar dan tunas baru pada setek daun berasal dari jaringan meristem primer atau meristem skunder. Masalah pada setek daun umumnya adalah pembentukan tunas-tunas adventif, bukan akar adventif. Pembentukan akar adventif pada daun lebih mudah dibanding pembentukan tunas-tunas adventif. Secara teknis setek daun dilakukan dengan cara memotong daun dengan panjang 7,5-10 cm atau memotong daun beserta petiolnya kemudian ditanam pada media. Tanaman yang bisa diperbanyak melalui setek daun adalah tanaman hias seprti cocor bebek, begonia, Sansevieria, dan lily.

4. Setek akar (*root cutting*), yaitu cara menggunakan bagian akar sebagai sarana perbanyakan tanaman. Pada setek batang, tunas keluar dari mata tunas. Pada setek akar, tunas keluar dari bagian akar yang mula-mula berbentuk seperti bintil. Bisa juga dari bekas potongannya yang mula-mula membentuk kalus. Dari kalus ini berubah menjadi tunas atau akar. Beberapa jenis tanaman yang dapat diperbanyak dengan cara setek akar, antara lain jambu biji, sukun, jeruk, kesemek, kunyit, jahe, lengkuas, dan lain-lain.
5. Setek umbi, yaitu menggunakan bahan awal untuk perbanyakan berupa umbi, seperti umbi batang, umbi akar, umbi sisik, dan lain-lain. Sebagai bahan perbanyakan, umbi dapat digunakan utuh atau dipotong-potong dengan syarat setiap potongannya mengadung calon tunas. Untuk menghindari terjadinya busuk pada setiap potongan umbi, maka umbi perlu dirandam dalam bakterisida dan fungisida. Contoh tanaman yang bisa diperbanyak dengan setek umbi antara lain: *Solanum tuberosum, Ipomoea batatas*, *Caladium, Helianthus tuberosus, Amarilis*, dan lain-lain.

5.2.2.2. Perbanyakan dengan Penyambungan (*Grafting*)

Grafting adalah perbanyakan tanaman secara aseksual dimana bagian dari dua tanaman berbeda digabungkan/ disambungkan sedemikian rupa sehingga keduanya bergabung kemudian tumbuh dan berkembang menjadi satu tanaman. Satu dari bagian tanaman yang ditempatkan dibagian bawah yang kontak dengan tanah, tidak diberikan adanya tumbuh tunas samping baru dan nantinya berfungsi menumbuhkan akar untuk mensuplai hara dan air ke pucuk disebut dengan **batang bawah (*rootstock*)**, sedangkan bagian tanaman yang lebih diatas yang nantinya menumbuhkan tunas dan berkembang manjadi bagian pucuk disebut dengan **entres (*scion*)** (Acquaah, 2009). Batang atas berupa potongan pucuk tanaman yang terdiri atas beberapa tunas dorman yang akan berkembang menjadi tajuk, sedang batang bawah akan berkembang menjadi sistem perakaran (Hartmann *et al*, 1997).

Penyambungan batang bawah dan batang atas biasanya dilakukan antara dua varietas tanaman yang masih dalam spesies yang sama. Misalnya penyambungan antar varietas pada tanaman durian. Kadang-kadang bisa juga dilakukan penyambungan antara dua tanaman yang berlainan spesiesnya tetapi masih dalam satu famili. Tanaman mangga (*Mangifera indica*) disambung denga tanaman kweni (*Mangifera odorata*).

Manfaat grafting pada tanaman, yaitu memperbaiki kualitas dan kuantitas hasil tanaman, dihasilkan gabungan tanaman baru yang mempunyai keunggulan dari segi perakaran dan produksinya, juga dapat mempercepat waktu berbunga dan berbuah (tanaman berumur genjah) serta menghasilkan tanaman yang sifat berbuahnya sama dengan induknya (Rivero *at al.,* 2003). Disamping itu, dengan grafting peremajaan tanaman dapat dilakukan tanpa menebang pohon tua, sehingga tidak memerlukan bibit baru dan menghemat biaya peremajaan tanaman. Hal ini sudah diadopsi secara luas misalnya pada pekebunan mangga dan

kopi. Acquaah (2009) menambahkan tiga kegunaan grafting, yaitu untuk memperbanyak tanaman yang bila diperbanyak dengan setek sulit berakar, untuk menghasilkan tanaman yang tahan terhadap penyakit yang berkembang di tanah (*soil borne*) dengan menggunakan batang bawah yan tahan, dan memperbanyak tanaman yang tidak menghasilkan biji atau bijinya tidak dapat tumbuh denga baik.

Kriteria batang bawah yang baik: batang bawah diperoleh dari hasil penyemaian dari biji (cara pesemaiannya seperti pada perbanyakan tanaman dengan biji), sistem perakarannya kuat, tahan terhadap hama dan penyakit, tahan terhadap kekurangan air, dan sesuai dengan kondisi setempat. Sedangkan kriteria batang atas yang baik: batang atas diambil dari sumber batang atas dengan kuantitas dan kualitas produksi yang baik, sehat dan tidak mudah terkena serangan hama penyakit, dan untuk tanaman buah-buahan sumber batang atas sudah berbuah minimal tiga kali, berbuah lebat, buahnya manis, enak, dan disukai pasar.

Agar persentase jadi dapat memuaskan, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam grafting (Widiarsih *et al.,* 2008), yaitu:

a. Batang atas dan batang bawah harus kompatibel.
b. Jaringan kambium kedua tanaman harus bersinggungan.
c. Dilakukan saat kedua tanaman berada pada kondisi fisiologis yang tepat.
d. Pekerjaan segera dilakukan sesudah entris diambil dari pohon induk.
e. Tunas yang tumbuh pada batang bawah (wiwilan) harus dibuang setelah penyambungan selesai agar tidak menyaingi pertumbuhan tunas batang atas.

Macam-macam teknik atau metode penyambungan terdiri atas: (1) sambung lidah (*whip or tongue grafting*), sambung celah (*cleft grafting*), sambung samping (*side grafting*), sambung susu (*approach grafting*), sambung tunjang (*inarching*), sambung kulit batang (*bark grafting*) dan sambung jembatan (*bridge grafting*).

5.2.2.3. Perbanyakan dengan Okulasi (*Budding*)

Okulasi (*budding*) disebut juga **penempelan** pada prinsipnya sama dengan penyambungan yaitu penggabungan dua bagian tanaman yang berlainan sedemikian rupa sehingga merupakan satu kesatuan yang utuh dan tumbuh sebagai satu tanaman setelah terjadi regenerasi jaringan pada bekas luka sambungan atau tautannya. Bedanya dengan penyambungan, pada okulasi entresnya hanya terdiri atas satu mata tunas vegetatif sedangkan pada penyambungan entresnya mengandung banyak mata tunas. Tipe okulasi umumnya ada tiga macam, yaitu okulasi dengan entres bentuk T (*T-buding*), okulasi dengan entres mengandung kayu tipis *(patch budding*), dan okulasi dengan entres mengandung kayu tebal (*chip budding*) (Acquaah, 2009).

Menurut Prastowo *et al.* (2006) dalam okulasi yang menggunakan entres hanya bagian kulit saja (tanpa ada kayu), entres yang baik adalah yang cabangnya dalam keadaan tidak terlalu tua dan juga tidak terlalu muda (setengah berkayu). Warna kulitnya coklat muda kehijauan atau abu-abu muda. Entres yang diambil dari cabang yang terlalu tua pertumbuhannya lambat dan persentase keberhasilannya rendah. Besar diameter cabang untuk entres ini harus sebanding dengan besarnya batang bawahnya. Cabang entres untuk okulasi ini sebaiknya tidak berdaun (daunnya sudah rontok). Pada tanaman tertentu sering dijumpai cabang entres yang masih ada daun melekat pada tangkai batangnya. Untuk itu perompesan daun harus dilakukan dua minggu sebelum pengambilan cabang entres. Dalam waktu dua minggu ini, tangkai daun akan luruh dan pada bekas tempat melekatnya (daerah absisi) akan terbentuk kalus penutup luka yang bisa mencegah masuknya mikroorganisme penyebab penyakit (patogen).

Syarat lain yang perlu diperhatikan pada waktu pengambilan entres adalah kesuburan dan kesehatan pohon induk. Untuk meningkatkan kesuburan pohon induk, biasanya tiga minggu sebelum pengambilan batang atas dilakukan pemupukan dengan pupuk NPK. Kesehatan

pohon induk ini penting karena dalam kondisi sakit, terutama penyakit sistemik mudah sekali ditularkan pada bibit. Entres diambil setelah kulit kayu cabangnya dengan mudah dapat dipisahkan dari kayunya (dikelupas). Bagian dalam kulit kayu ini (kambium) akan tampak berair, ini menandakan kambiumnya aktif, sehingga bila mata tunasnya segera diokulasikan akan mempercepat pertautan dengan batang bawah. Waktu terbaik pelaksanaan okulasi adalah pada pagi hari, antara pukul 07.00-11.00 pagi, karena saat tersebut tanaman sedang aktif berfotosintesis sehingga kambium tanaman juga dalam kondisi aktif dan optimum. Diatas pukul 12.00 siang daun mulai layu. Tetapi ini bisa diatasi dengan menempel di tempat yang teduh, terhindar dari sinar matahari langsung.

5.2.2.4. Perbanyakan dengan Pencangkokan

Mencangkok merupakan tehnik perbanyakan vegetatif dengan cara pelukaan atau pengeratan cabang atau ranting pohon induk dan dibungkus media tanam untuk merangsang terbentuknya akar. Pada tehnik ini tidak dikenal istilah batang bawah dan batang atas. Tehnik ini relatif sudah lama dikenal oleh petani dan tingkat keberhasilannya tinggi, karena akar tumbuh ketika masih berada di pohon induk.

Peada perbanyakan dengan mengcangkok, terlebih dahulu perlu memilih pohon induk yang cukup umurnya, tidak terlalu tua juga tidak terlalu muda, telah berbuah paling sedikit sebanak tiga kali, pohon tumbuh subur, kuat dan percabangannya cukup banyak. Tahap berikutnya melakukan pengeratan dengan membersihkan kambium, lalu membungkus bagian-bagian batang yang telah dikerat dengan menggunakan plastik bening dengan media tanah atau bahan lain yang porous dan selanjutnya diikat dengan tali. Akar akan mulai tumbuh setelah 1-3 bulan sejak batang dicangkok, kemudian dilakukan pemotongan pertumbuhan akar cangkokan dan hasilnya dapat ditanam.

Keuntungan pembibitan dengan sistem cangkok: (1) produksi dan kualitas buahnya akan persis sama dengan tanaman induknya, (2) tanaman asal cangkok bisa ditanam

pada tanah yang letak air tanahnya tinggi karena perakaran yang dihasilkan dangkal, dan (c) cepat berproduksi. Sedangkan kerugiannya pada musim kemarau panjang tanaman tidak tahan kering, tanaman mudah roboh bila ada angin kencang karena tidak berakar tunggang, pohon induk tajuknya menjadi rusak karena banyak cabang yang dipotong, dan dalam satu pohon induk kita hanya bisa mencangkok beberapa batang saja, sehingga perbanyakan tanaman dalam jumlah besar tidak bisa dilakukan dengan cara ini.

Media untuk mencangkok bisa menggunakan lumut, cocopit atau serbuk sabut kelapa ataupun cacahan sabut kelapa. Dapat pula digunakan campuran kompos/pupuk kandang dengan tanah (1:1). Kalau disekitar kebun ada tanaman bambu, maka tanah di bawah bambu yang telah bercampur seresah daun bambu dan sudah membusuk bisa juga digunakan untuk media cangkok. Waktu pelaksanaan sebaiknya dilakukan pada awal musim hujan, sehingga cangkokan tidak akan kekeringan. Selain itu dengan mencangkok di awal musim hujan akan tersedia waktu untuk menanam hasil cangkokan pada musim itu juga.

5.2.2.5. Perbanyakan dengan Perundukan (*Layering*)

Perbanyakan vegetatif tanaman dengan **perundukan** adalah membiarkan suatu bagian tanaman untuk menumbuhkan akar sewaktu bagian tersebut masih tersambung dengan tanaman induk. Untuk itu, suatu bagian batang/cabang/ranting diturunkan ("dirundukkan") ke tanah, ataupun tanah di pot, dibenamkan hingga beberapa minggu hingga muncul akar. Perundukan biasanya dilakukan pada batang tumbuhan yang beruas-ruas. Prinsip perundukan adalah merangsang (menstimulasi) terbentuknya akar atau tunas sebelum dipisahkan dari induknya, dengan merundukan atau mebengkokan batang tanaman mendatar ke tanah. Selanjutnya batang tersebut di timbun tanah tipis dan dipelihara intensif, terutama penyiraman tanah secara kontinyu di sekitar tempat perundukan cabang. Setelah mata pada tiap-tiap ruas tumbuh dan tunas-tunas baru berakar,

maka batang atau cabang tersebut di potong atau dipisah-pisahkan dari induknya.

Merunduk dapat dilakukan pada batang beberapa jenis tanaman yang secara normal berdiri tegak kemudian dibengkokkan hingga menyentuh tanah sehingga akan segera berakar. Perbanyakan dengan perundukan dapat dibedakan menjadi perundukan biasa dan perundukan majemuk. Pada perdundukan biasa cabang tanaman dirundukkan dan ditimbun dengan tanah, kecuali ujung cabangnya. Setelah membentuk akar, cabang atau batangnya dipotong, sehingga diperoleh tanaman baru. Contonhnya dapat dilakukan pada mawar, jambu air, dan arbei. Sedangkan pada perundukan majemuk seluruh batang dirundukkan kemudian ditimbuni tanah pada beberapa tempat atau seluruh tempat. Cara ini dapat dikerjakan pada tanaman soka dan anggur.

5.3. Pebanyakan dengan Kultur Jaringan (*Plant Tissue Culture*)

Kultur jaringan atau dalam bahasa Inggris disebut *tissue culture* berasal dari kata *culture* artinya budidaya dan *tissue* artinya jaringan yaitu sekelompok sel yang mempunyai bentuk dan fungsi yang sama. Jadi, **kultur jaringan** adalah membudidayakan suatu jaringan tanaman secara vegetatif menjadi tanaman kecil yang mempunyai sifat seperti induknya. Prinsip utama dari teknik kultur jaringan adalah perbanyakan tanaman dengan cara mengisolasi bagian tanaman (bisa berupa jaringan atau organ akar, batang, daun dan mata tunas), kemudian menumbuhkannya pada media buatan yang kaya nutrisi dan zat pengatur tumbuh/hormon secara aseptik dalam wadah tertutup yang tembus cahaya (misalnya botol-botol kaca), pada suhu tertentu sehingga bagian tanaman dapat memperbanyak diri dan beregenerasi menjadi tanaman lengkap. Berbeda dari teknik perbanyakan tumbuhan secara konvensional, teknik kultur jaringan dilakukan dalam kondisi aseptik di dalam botol kultur dengan medium dan kondisi tertentu. Karena itu teknik ini sering kali disebut **kultur *in vitro*** yang dalam bahasa Latin

berarti “di dalam kaca” karena jaringan tersebut dibiakkan di dalam botol kultur dengan medium dan kondisi tertentu.

Teori dasar dari kultur in vitro adalah sifat *totipotensi* sel oleh Schawann dan Scheleiden (1838) yang menyatakan sifat totipotensi (*total genetic potential*) sel, yaitu setiap sel tanaman yang hidup dilengkapi dengan informasi genetik dan perangkat fisiologis yang lengkap sehingga mampu tumbuh dan berkembang menjadi tanaman utuh jika kondisinya sesuai. Teori ini mempercayai bahwa setiap bagian tanaman dapat berkembang biak karena seluruh bagian tanaman terdiri atas jaringan-jaringan hidup (Smith, 2006). Oleh karena itu, semua organisme baru yang berhasil ditumbuhkan akan memiliki sifat yang sama persis dengan induknya.

Manfaat dan keuntungan perbanayakan tanaman melalui kultur jaringan yaitu dapat melestarikan sifat tanaman induk, menghasilkan tanaman yang memiliki sifat sama dengan induknya, dapat menghasilkan tanaman baru dalam jumlah banyak dalam waktu yang singkat, dapat menghasilkan tanaman yang bebas virus, dapat dijadikan sarana untuk melestarikan plasma nutfah, pelaksanaannya tidak tergantung musim, tidak membutuhkan tempat yang luas, kuaalitas dan kesehatan bibit lebih terjamin, bibit yang dihasilkan seragam, dan dapat digunakan untuk menciptakan varietas baru melalui rekayasa genetika. Sel yang telah direkayasa dikembangkan melalui kultur jaringan sehingga menjadi tanaman baru secara lengkap. Sedankan Kelemahan kultur jaringan adalah diperlukan biaya awal yang relatif tinggi, hanya mampu dilakukan oleh orang-orang tertentu, karena memerlukan keahlian khusus, dan bibit hasil kultur jaringan memerlukan proses aklimatisasi, karena terbiasa dalam kondisi lembap dan aseptik.

Tahapan yang dilakukan dalam perbanyakan tanaman dengan teknik kultur jaringan terdiri atas pemilihan dan penyiapan tanaman induk sumber eksplan, inisiasi kultur, sterilisasi, multiplikasi atau perbanyakan propagul, pemanjangan tunas, induksi, perkembangan akar dan aklimatisasi (Smith, 2006).

1. Pemilihan dan penyiapan tanaman induk sumber eksplan. **Eksplan** adalah bagian dari tanaman yang digunakan sebagai bahan induksi/inisiasi/inokulasi yang merupakan tahapan awal dari kultur jaringan. Tanaman yang dipilih sebagai sumber eksplan harus jelas jenis, spesies, dan varietasnya serta harus sehat dan bebas dari hama dan penyakit. Tanaman indukan sumber eksplan harus dikondisikan dan dipersiapkan secara khusus di rumah kaca atau greenhouse agar eksplan yang akan dikulturkan sehat dan dapat tumbuh baik serta bebas dari sumber kontaminan pada waktu dikulturkan secara in-vitro.
2. Inisiasi Kultur. Tahap ini merupakan pembuatan kultur dari eksplan yang bebas mikroorganisme serta inisiasi pertumbuhan baru dalam kultur yang aseptik, yaitu bebas dari mikroorganisme. Dalam tahap ini diharapkan eksplan yang dikulturkan akan menginisiasi pertumbuhan baru, sehingga akan memungkinkan dilakukannya pemilihan bagian tanaman yang tumbuhnya paling kuat, untuk perbanyakan (multiplikasi) pada kultur tahap selanjutnya.
3. Sterilisasi. Sterilisasi adalah segala kegiatan dalam kultur jaringan yang dilakukan di tempat yang steril, yaitu di *laminar flow* dengan menggunakan alat-alat yang juga sterail. Sterilisasi juga dilakukan terhadap peralatan, yaitu menggunakan etanol yang disemprotkan secara merata pada peralatan yang digunakan. Teknisi yang melakukan kultur jaringan juga harus steril.
4. Multiplikasi atau Perbanyakan Propagul. Tahap ini bertujuan untuk menggandakan propagul atau bahan tanaman yang diperbanyak seperti tunas atau embrio, serta memeliharanya dalam keadaan tertentu sehingga sewaktu-waktu bisa dilanjutkan untuk tahap berikutnya. Pada tahap ini, perbanyakan dapat dilakukan dengan cara merangsang terjadinya pertumbuhan tunas cabang dan percabangan aksiler atau merangsang terbentuknya tunas pucuk tanaman secara adventif, baik secara langsung maupun melalui induksi kalus terlebih dahulu.

5. Pemanjangan Tunas, Induksi, dan Perkembangan Akar. Tahap ini merupakan tahap pembentukan akar dan pucuk tanaman yang cukup kuat untuk dapat bertahan hidup sampai saat dipindahkan dari lingkungan in-vitro ke lingkungan luar. Tunas-tunas yang dihasilkan pada tahap multiplikasi di pindahkan ke media lain untuk pemanjangan tunas. Media untuk pemanjangan tunas mengandung sitokinin sangat rendah atau tanpa sitokinin. Tunas tersebut dapat dipindahkan secara individu atau berkelompok. Pemanjangan tunas secara berkelompok lebih ekonomis daripada secara individu. Setelah tumbuh cukup panjang, tunas tersebut dapat diakarkan. Pemanjangan tunas dan pengakarannya dapat dilakukan sekaligus atau secara bertahap, yaitu setelah dipanjangkan baru diakarkan. Pengakaran tunas in-vitro dapat dilakukan dengan memindahkan tunas ke media pengakaran yang umumnya memerlukan auksin seperti NAA atau IBA. Keberhasilan tahap ini tergantung pada tingginya mutu tunas yang dihasilkan pada tahap sebelumnya.
6. Aklimatisasi. Pada tahap ini, planlet atau tunas mikro hasil kultur jaringan dipindahkan ke lingkungan di luar botol seperti rumah kaca, rumah plastik, atau *screen house* (rumah kaca kedap serangga). Aklimatisasi adalah proses pengkondisian planlet atau tunas mikro di lingkungan baru yang aseptik di luar botol, dengan media tanah, atau pakis sehingga planlet dapat bertahan dan terus menjadi bibit yang siap ditanam di lapangan. Prosedur pembiakan dengan kultur jaringan baru bisa dikatakan berhasil jika planlet dapat diaklimatisasi ke kondisi eksternal dengan keberhasilan yang tinggi.

BAB VI.
USAHA DAN PRINSIP DASAR PRODUKSI PERTANIAN

Menanam atau membudidayakan tanaman pertanian pada hakekatnya adalah memberikan lingkungan yang terbaik bagi tanaman sehingga dapat tumbuh, berkembang dan berproduksi dengan baik. Sebelum berkembangnya konsep pertanian ramah lingkungan, usaha pertanian selalu diarahkan untuk memproleh hasil sebanyak mungkin. Berbagai cara dilakukan untuk mencapai tujuan tersebut, seperti memilih benih yang baik dengan produksi tinggi, melakukan pemupukan, pengairan, pemberantasan hama dan penyakit, dan lain-lain, secara maksimal agar memproleh hasil maksimal. Namun belakangan, usaha yang hanya menekankan untuk memperoleh hasil sebanyak mungkin telah disadari tidak cocok lagi karena berakibat terdegradasinya lahan dan lingkungan. Usaha pertanian yang kemudian dikembangkan yaitu **pertanian berkelanjutan (*sustainable agriculture*)**, ditujukan untuk memperoleh hasil optimal sehingga lingkungan mantap secara ekologis dan berkelanjutan secara ekonomis. Mantap secara ekologis berarti kualitas sumberdaya alam tetap dipertahankan, sedangkan berberlanjut secara ekonomis berarti petani mendapat penghasilan yang cukup untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan tenaga dan biaya

yang dikeluarkan tetapi sumberdaya alam tetap (Hani *et al.,* 2006). Dalam bab ini akan diuraikan berbagai usaha dan prinsip produksi pertanian agar tanaman dapat berproduksi secara optimal.

6.1. Penyediaan Benih dan Bibit Unggul

Benih dan bibit unggul diperoleh melalui usaha pemuliaan tanaman (*plant breeding*). Benih (*seed*) adalah biji yang dipakai sebagai alat perkembangbiakan, sedangkan bibit (*seedling*) adalah benih yang telah berkecambah.

Pemuliaan tanaman adalah upaya menciptakan tanaman yang lebih baik melalui perbaikan genetik, atau suatu metode yang secara sistematik merakit keragaman genetik menjadi suatu bentuk yang bermanfaat bagi kehidupan manusia. Hasil akhir dari kegiatan pemuliaan tanaman yaitu diperolehnya benih dan bibit unggul untuk menghasilkan tanaman unggul. Secara umum tujuan dari pemuliaan tanaman yaitu:

a. peningkatan kuantitas hasil tanaman
b. peningkatan kualitas hasil tanaman
c. peningkatan resistensi terhadap hama dan penyakit
d. perbaikan adaptasi atau toleransi terhadap tekanan lingkungan dan efisiensi terhadap penggunaan input (sarana produksi).

Terdapat 3 strategi dasar dalam pemuliaan tanaman, yaitu koleksi plasma nutfah, peningkatan keragaman (variabilitas) genetik, dan seleksi terhadap bahan pemuliaan (Bakhtiar dan Hayati, 2015).

1. Koleksi Plasma Nuftah. Plasma nutfah adalah bahan baku dasar pemuliaan karena di sini tersimpan berbagai keanekaragaman sifat yang dimiliki oleh masing-masing nomor koleksi (aksesi). Tanpa keanekaragaman, perbaikan sifat tidak mungkin dilakukan. Usaha pencarian plasma nutfah baru berarti eksplorasi ke tempat-tempat yang memiliki keanekaragaman hayati (atau hutan) atau dengan melakukan pertukaran koleksi dengan berbagai lembaga lain.

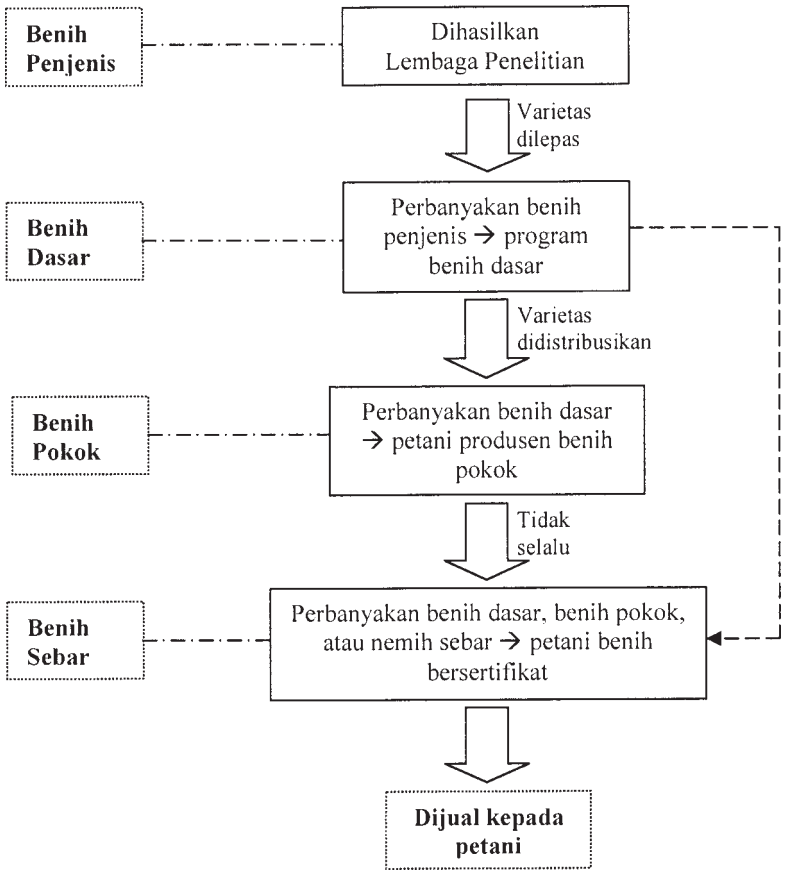
2. Peningkatan Keragaman (variabilitas) Genetik. Peningkatan keragaman genetik dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain melalui introduksi bahan koleksi, persilangan, manipulasi kromosom, mutasi dengan paparan radioaktif atau bahan kimia tertentu, penggabungan (fusi) protoplas/inti sel, dan transfer gen. Transfers gen adalah bagian dari rekayasa genetika dan dianggap sebagai "pemuliaan tanaman molekular" karena menggunakan metode-metode biologi molekular. Introduksi adalah mendatangkan bahan tanam dari tempat lain. Seleksi penyaringan (*screening*) dilakukan terhadap koleksi plasma nutfah yang didatangkan dari berbagai tempat dengan kondisi lingkungan yang berbeda-beda. Persilangan adalah mengawinkan aksesi yang satu dengan yang lain atau antara sesamanya. Mutasi dilakukan dengan cara tanaman dipaparkan pada sinar radioaktif dari isotop tertentu (biasanya kobal-60) dengan dosis rendah sehingga tidak mematikan tetapi mengubah sejumlah basa DNA-nya. Mutasi pada gen akan dapat mengubah penampilan tanaman. Dalam transfer gen, fragmen DNA dari organisme lain (baik mikroba, hewan, atau tanaman), atau dapat pula gen sintetik, disisipkan ke dalam tanaman penerima dengan harapan gen "baru" ini akan terekspresi dan meningkatkan keunggulan tanaman tersebut.
3. Identifikasi dan Seleksi terhadap Bahan Pemuliaan. Bahan atau materi pemuliaan dengan keanekaragaman yang luas selanjutnya perlu diidentifikasi sifat-sifat khas yang dibawanya melalui identifikasi keunggulan, kemudian diseleksi berdasarkan hasil identifikasi sesuai dengan tujuan program pemuliaan, dan dievaluasi kestabilan sifatnya sebelum dinyatakan layak dilepas kepada publik. Dalam proses ini penguasaan berbagai metode percobaan, metode seleksi, dan juga "naluri" oleh seorang pemulia sangat diperlukan. Bahan-bahan pemuliaan yang telah terpilih harus dievaluasi atau diuji terlebih dahulu dalam kondisi lapangan karena proses seleksi pada umumnya dilakukan pada lingkungan terbatas dan dengan ukuran populasi kecil. Evaluasi

dilakukan untuk melihat apakah keunggulan yang ditunjukkan sewaktu seleksi juga dipertahankan dalam kondisi lahan pertanian terbuka dan dalam populasi besar. Selain itu, bahan pemuliaan terpilih juga akan dibandingkan dengan kultivar yang sudah lebih dahulu dilepas. Calon kultivar yang tidak mampu mengungguli kultivar yang sudah lebih dahulu dilepas akan dicoret dalam proses ini. Apabila bahan pemuliaan lolos tahap evaluasi, ia akan dipersiapkan untuk dilepas sebagai kultivar baru.

Benih unggul yang diperoleh dari hasil pemuliaan tanaman disebut dengan benih penjenis, misalnya klon, galur murni atau varietas hibrida. Benih yang telah diperoleh harus dijaga agar susunan genetiknya tidak berubah. Menurut Makmur (1985), kelas-kelas benih unggul yang dihasilkan dari pemuliaan (*breeding*) oleh pemulia (*breeder*) sampai siap untuk disebarluaskan terdiri atas 4 (empat) macam, yaitu:

1. Benih Penjenis (*breeder seed*), adalah material pembiak/perbanyakan vegetatif (misalnya klon, umbi) atau generatif (biji) yang dihasilkan langsung oleh instansi pemulia.
2. Benih Dasar (*foundation seed*), adalah keturunan pertama dari benih penjenis. Benih dasar diproduksi di bawah bimbingan yang intensif dan pengawasan yang ketat sehingga kemurnian varietas dapat terpelihara. Benih dasar diproduksi oleh Instansi/Badan yang ditunjuk oleh Direktorat Jenderal Tanaman Pangan dan produksinya disertifikasi oleh Balai Pengawasan dan Sertifikasi benih.
3. Benih Pokok (*Stock Seed*/Label ungu), adalah keturunan dari benih dasar yang diproduksi dan dipelihara sedemikian rupa sehingga indetitas dan tingkat kemurnian varietas yang ditetapkan dapat dipelihara dan memenuhi standart mutu yang di tetapkan dan harus disertifikasi sebagai benih pokok oleh Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih.
4. Benih Sebar (*Extension Seed*/Label Biru), merupakan keturunan dari benih pokok yang diproduksi dan

dipelihara sedemikian rupa sehingga identitas dan tingkat kemurnian varietas dapat dipelihara, memenuhi standart mutu benih yang ditetapkan serta harus disertifikasi sebagai benih sebar. Untuk menghasilkan benih sebar yang bersertifikat atau benih sebar yang terjamin mutu genetik maupun kemurniannya, telah ditetapkan ketentuan pokok dan pengawasan oleh Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih Pemerintah. Penghasil benih ini dapat dilakukan oleh badan atau organisasi produsen benih (Gambar 19).



Gambar 19. Kelas dan produksi benih (Makmur, 1985)

Tergantung dari cara perbanyakannya, tanaman dapat diperbanyak dengan benih atau bibit. Pengadaan benih dikatagorikan tergolong baik apabila memenuhi kriteria:

a. Benih harus tersedia tepat pada waktunya dengan jumlah sesuai kebutuhan.
b. Bermutu tinggi, murni sifat genetiknya, tidak tercampur benih varietas lain.
c. Tidak tercampur gulma, kotoran, dan terbebas dari hama dan penyakit.
d. Harus mempunyai daya kecambah dan daya tumbuh yang tinggi, yaitu daya kecambah minimal 80%, benih murni minimal 95%, kandungan benih varietas lain maksimal 5%, kotoran maksimal 2%, dan benih rumputan maksimal 2% (Sadjad, 1993).

Adakalanya sebelum ditanam di tempat yang tetap, benih disemaikan terlebih dahulu. Dengan demikian yang ditanam di kebun berupa bibit yang sudah cukup kuat. Pesemaian sebaiknya dibuat dekat dengan tempat tanam agar mudah dalam pengangkutan ke lapang. Beberapa persyaratan cara pelaksanaan pesemaian yang baik adalah:

1. Benih yang disemaikan biasanya adalah dari tanaman yang lemah dan tidak kuat kalau langsung ditanam di tempat yang tetap.
2. Tempat menyemai umumnya berupa bedengan khusus, diberi atap peneduh (para-para) untuk mengatur intensitas sinar matahari dan mencegah curahan hujan jangan sampai merusak benih yang masih lemah.
3. Tanah pesemaian harus subur, porus, dan gembur.
4. Tempat pesemaian harus aman dari gangguan binatang.
5. Penyiraman dilakukan dengan menggunakan gembor atau dengan sistem irigasi lain seperti irigasi tetes, irigasi curah (sprinkler), atau pengkabutan.
6. Sebaiknya tanaman baru dipindahkan ke tempat penanamannya di lapang setelah cukup kuat.
7. Ada baiknya apabila bibit terlebih dahulu dipindahkan ke polibag untuk tujuan penyesesuaian (aklimatisasi) dengan lingkungan yang baru, dengan menempatkannta pada tempat sesuai sambil menunggu saat ditanam di tempat penanamannya.

8. Tanaman muda yang baru dipindah perlu diberi pelindung.

Berdasarkan cara pemindahan bibit, dikenal 3 cara pembibitan, yaitu :

1. Cara Cabutan. Sebelum dicabut pesemaian dibasahi, kemudian dilakukan pemilihan bibit yang bagus. Bibit dicabut satu per satu dengan hati-hati, dijaga agar akar tidak putus. Bibit tersebut harus segera ditanam dan jangan menunggu sampai layu. Untuk mengurangi penguapan, sebelum ditanam biasanya dilakukan pengupiran daun. Contohnya pada tanaman sayuran, buah, dan tanaman hias.
2. Cara Putaran. Pada cara ini bibit tanaman beserta tanah yang melekat pada perakarannya digali kemudian dipindahkan ke polibag/keranjang bambu atau pelepah pisang. Jika sudah kuat, bibitt bisa segera ditanam di lapang. Misalnya pada Jeruk dan rambutan.
3. Cara Potongan. Pada cara ini bibit di pesemaian digali, kemudian sebagian dari batang dan akarnya dipotong, baru kemudian ditanam. Cara ini lebih mudah pada saat memindahkannya, kerusakan akar bisa dikurangi, dan mudah dalam pengangkutannya.

Yang dimaksud dengan bibit unggul oleh penyuluh-penyuluh sesungguhnya adalah varietas unggul. Setelah mempelajari pengertian varietas pertanian, maka tahulah kita bahwa untuk berbagai jenis tanaman berbeda artinya, tergantung cara penyerbukannya. Unggul disini dimaksudkan memiliki banyak sifat-sifat agronomi yang unggul dibandingkan dengan varietas lain, walupun salah satu sifat mungkin bahkan kalah (misal rasa atau ketahanan terhadap salah satu penyakit), sehingga pada keadaan umum hasil produksinya tinggi. Karena varietas-varitas selalu mengalami evolusi, baik dari pemulia nasional maupun adanya introduksi baru, umumnya suatu varietas yang pada suatu waktu unggul tidak akan selalu unggul sepanjang masa. Berarti kita harus terbuka untuk selalu menerima varietas baru yang telah teruji. Dalam usaha-usaha penyuluhan,

sering ditemui kesukaran dalam introduksi varietas unggul baru, karena petani telah mengenal sesuatu varietas unggul yang menurut mereka tidak mungkin terkalahkan, dan belum percaya pada varietas baru. Dalam hal ini perlu diadakan demonstrasi-demonstrasi plot dulu, sesudah percobaan-percobaan adaptasi kultur tekniknya. Hal terakhir tak boleh dilewatkan, karena kadang-kadang varietas unggul baru mempunyai syarat-syarat budidaya yang berlainan dengan yang lama. Disamping itu, karena misalnya masih ada salah satu kekurangan pada varietas unggul baru (misalnya resistensi terhadap sesuatu hama/ penyakit yang dulu minor di daerah seleksi asalnya, rasa yang berbeda dengan selera setempat dan sebagainya), pemulia harus juga selalu berusaha menciptakan varietas baru.

Dalam hal tanaman hias dan bunga, penciptaan varietas baru harus menjadi mode, yang dituju bukan hanya produksi tinggi, melainkan keunikan atau keeksotikannya.

Keunggulan sifat kadang-kadang dinyatakan pada salah satu komponen hasil ataupun hasil akhir, kadang-kadang juga pada mutu atau kandungan zat gizi maupun hanya pada kegenjahan atau ketahanannya pada hama/penyakit atau kekeringan. Secara total keistimewaan sesuatu varietas unggul tentu pada daya produksinya di sesuatu daerah tertentu.

Kembali pada istilah bibit unggul, perlu ditekankan pengertian benih bermutu baik atau bibit bermutu baik dari suatu varietas unggul. Kesadaran akan mutu baik dari benih maupun bibit perlu dibangun untuk menghargai jerih payah para pemulia yang telah sanggup menciptakan varietas unggul baru.

Dalam hal varietas unggul, perlu diperhatikan cara-cara mempertahankan kemurnian varietas (dengan isolasi waktu dan isolasi tempat untuk varietas-varietas yang menyerbuk silang, atau dengan isolasi fisik). Dengan cara-cara kultur teknik biasa, untuk tanaman menyerbuk silang, setelah bibit mencapai generasi ketiga lebih baik membeli benih lagi yang masih murni dari penjual benih yang telah disertifikasi. Demikian pula untuk benih-benih *hibrid* yang mahal

(misalnya kubis, *sweetcorn*, tomat, semangka tanpa biji, dan lain-lain), benih tidak perlu dipakai terus sesudah generasi kedua karena daya produksi dan ketahanannya telah menurun.

6.2. Pengolahan Tanah

Awal budidaya tanaman adalah campur tangan manusia terhadap tanaman yang hendak dipungut hasilnya untuk memenuhi kebutuhan hidup. Umumnya dimulai dengan membabad hutan untuk memberi cahaya bagi tanaman yang hendak ditanam, membuang tumbuhan yang mengganggu tanaman (gulma) karena bersifat menyaingi tanaman, atau menggali tanah untuk menaruh benih atau bibit tanaman yang akan ditanam. Alat-alat yang digunakan masih sederhana, misalnya dengan sebatang kayu, batu, patahan tulang, dan lain-lain.

Tenaga yang semula cukup ditangani sendiri karena luasannya terbatas (hanya untuk memenuhi kebutuhan makan keluarga saja) kemudian berkembang tidak memadai lagi dibandingkan kebutuhan, sehingga pengerjaan tanah tidak dapat diselesaikan dengan tenaga sendiri. Oleh karena itu, pengerjaan tanah dibantu dengan tenaga hewan/binatang yang bisa dijinakkan. Dengan bantuan tenaga hewan, tenaga manusia yang tadinya menggerakkan pacul untuk membalik atau mengiris tanah diganti dengan bajak, sedangkan kored untuk memecah tanah hingga gembur yang tadinya dengan tenaga manusia diganti dan dikembangkan menjadi garu sehingga dapat mempercepat penggemburan. Selanjutnya dengan ditemukannya baja dalam abad ke-19, memberikan kemajuan dalam pertanian dimana di tahun 1833 dikembangkan bajak dengan ujung baja. Mekanisme pembajakan yang semula lurus ke depan, diubah menjadi gerakan berputar seperti bajak piringan (*disk plows*) dan garu (*harrow*), sehingga tanah diiris miring oleh lempeng-lempeng bundar yang berputar. Gerak yang berputar ini jauh lebih ringan dari gerak lurus ke depan. Perlunya pengolahan tanah sudah disadari sejak awal budaya pertanian yang

beranggapan bahwa tanah harus digemburkan agar akar tanaman dapat masuk lebih dalam ke dalam tanah.

6.2.1. Tujuan Pengolahan Tanah

Mengolah tanah adalah membalik dan menggemburkan struktur tanah agar menjadi gembur, sehingga memudahkan perakaran masuk ke tanah dan memudahkan akar menyerap unsur hara dan air. Kegiatan pengolahan tanah akan sangat mempengaruhi proses budidaya selanjutnya. Pengolahan tanah disadari sangat penting artinya, sehingga wajar bila inovasi dalam kegiatan ini terus dilakukan agar didapatkan hasil yang lebih baik. Seiring dengan perkembangan ilmu dan teknologi, diciptakan berbagai macam alat dan mesin pertanian yang berfungsi untuk membantu manusia dalam kegiatan pengolahan tanah, sehingga diperoleh hasil yang maksimal. Pengolahan tanah dapat dilakukan secara mekanis dengan mesin, bahkan saat ini telah banyak dilengkapi dengan sistem komputer, terutama pada lahan yang memungkinkan, atau dengan alat konvensional untuk lahan miring yang memiliki luas teras yang sempit.

Tujuan utama dari pengolahan tanah adalah:

1. Menyiapkan tempat penanaman benih/bibit (***seed bed***) yang serasi dan baik.
2. Menghindarkan terjadinya persaingan tanaman dengan tumbuhan pengganggu.
3. Memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologis tanah.

Disamping itu, pengolahan tanah juga bertujuan: (a) menghilangkan tumbuhan dan membersihkan sisa-sisa akar tumbuhan/pohon-pohon yang tumbuh sebelumnya sebelum dijadikan lapang produksi, (b) membersihkan tumbuhan pengganggu, (c) memperbaiki aerasi dan draenasi tanah; (d) mencampur bahan organik dengan tanah; (e) mengurangi erosi tanah, (f) dan mengendalikan serangan hama dan penyakit. Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa kenaikan produksi antara tanah yang diolah dibandingkan dengan tanah tanpa diolah dapat lebih dari dua kali lipat (Buckman dan Brady, 1986).

Penggemburan tanah memberi peluang bagi benih untuk mengadakan kontak secara langsung dengan tanah agar benih dapat menyerap air, usur hara, udara dan panas, sehingga kebutuhannya untuk berkecambah dapat terpenuhi. Oleh karena itu, dalam menyiapkan *seed bed* harus diperhatikan agar benih yang kita tanam di tanah itu benar-benar dapat mengadakan kontak langsung (*in close contact*) dengan butiran-butiran tanah. Untuk medapatkan hal seperti itu, tanah harus kita buat gembur melalui pengolahan yang baik, karena kegemburan akan menjamin keserasian antara udara, air dan unsur hara dalam tanah sehingga memenuhi kebutuhan benih untuk berkecambah.

Pengolahan tanah yang tepat dapat menekan pertumbuhan gulma sehingga menghindarkan terjadinya persaingan tanaman dengan tumbuhan pengganggu. Hal ini dapat terjadi karena dengan pengolahan tanah yang baik, bibit tumbuhan pengganggu yang ada ditanah tertimbun sedemikian rupa sehingga tidak mendapat kesempatan untuk berkecambah serta tumbuh dan berkembang lebih lanjut. Sebaliknya, pengolahan tanah yang kurang baik akan memberikan kesempatan pada biji gulma tumbuh subur karena faktor-faktor tumbuh gulma yang tadinya tidak tersedia, kini tersedia dan biji gulma yang dulunya dorman malah berkecambah.

Perbaikan fisik, kimia dan biologis tanah dapat terjadi dalam pengolahan tanah, karena tanah kita pecah-pecah menjadi butiran-butiran yang lebih kecil dan halus sehingga memiliki jumlah permukaan yang lebih besar dan meningkatnya rongga-rongga antar butiran tanah. Akibatnya udara dan air lebih leluasa masuk ke dalam tanah yang menyebabkan sifat fisik dan kimia tanah meningkat karena terjadi perubahan sruktur dan komposisi kimia tanah. Disamping itu, pengolahan tanah yang bersifat membalik tanah menyebabkan tanah dari bagian dalam tertukar dengan tanah permukaan sehingga unsur-unsur yang memungkinkan menimbulkan keracunan dapat dihindarkan. Tanah yang lebih gembur menyebabkan cahaya dapat lebih masuk ke dalam sehingga terjadi peningkatan sifat biologis tanah karena aktivitas mikroorganisme lebih

pesat. Dengan demikian, perubahan sifat fisik dan kimia tanah dalam pengolahan juga akan mengubah sifat biologis tanah, karena ketiga hal itu saling berpengaruh.

6.2.2. Alat-Alat Pengolahan Tanah

Alat-alat pengolahan tanah mulai dari yang primitif sampai yang paling modern memiliki 4 prinsip fungsi, yaitu:

1. Membalik tanah
2. Membelah tanah
3. Memecah tanah
4. Meratakan tanah

Alat yang memiliki kemampuan untuk memikul ke empat fungsi tersebut adalah **cangkul**, meskipun dia sederhana. Dengan mencangkulkan alat cangkul ke tanah, pertama-tama kita melakukan fungsi pembelahan. Kemudian sebagian tanah yang berada di cangkul itu kita pindahkan dengan gerak membalikkan tanah. Kalau tanahnya bergumpal, dengan cangkul itu kita memecah-mecah gumpalan tersebut. Kemudian agregat tanah yang sudah terpecah-pecah menjadi butiran-butiran gembur, dengan cangkul itu lalu kita ratakan sehingga menghasilkan permukaan tanah olahan yang rata.

Cangkul memiliki kemampuan demikian karena memiliki tangkai yang dapat kita putar-putarkan. Jenis tangkai cangkul beragam, panjang atau pendek, bebentuk lurus, sedikit melengkung atau berbentuk menyerupai huruf S. Panjang-pendek dan bentuk tangkai cangkul tergantung pada berat ringannya tanah yang biasa diolah dan kebiasaan petani. Kalau tanah berat (tanah liat), tangkai cangkul yang baik digunakan adalah yang pendek dan sedikit melengkung. Dengan begitu orang akan mengayunkan paculnya dengan kekuatan tangan dan badan yang dibungkukkan lebih dalam. Jarak geraknya yang lebih besar akan berakibat kekuatan yang ditimbulkan oleh badannya lebih besar pula. Tetapi kalau tanahnya ringan (tanah pasir), tangkai panjang bentuk lurus lebih serasi, karena orang tidak perlu membungkuk untuk mengayunkan canggkulnya. Tangkai melengkung atau berbentuk S lebih serasi untuk pengangkatan cangkul yang lebih tinggi, tetapi pengayunannya tidak memerlukan

pembungkukan badan dalam-dalam. Cangkul jenis ini sesuai untuk tanah yang sedang-sedang beratnya (misalnya tanah lempung berpasir). Namun demikian, kebiasaan otang di suatu daerah mempengaruhi panjang-pendek dan bentuk tangkai cangkul yang digunakan. Orang dengan kebiasan menggunakan cangkul bertangkai pendek (misalnya di daerah Malang, Jawa Timur), apabila diganti dengan tangkai panjang, tidak biasa, dan akan kembali lagi menggunakan tangkai pendek. Hal ini karena orang sudah biasa mencangkul dengan sikap membungkuk secara terus menerus.

6.2.3. Cara Pengolahan Tanah

Pengolahan tanah yang baik terdiri atas 3 tahap, yaitu **pembersihan lahan** (*land-clearing*), **pembajakan** (*ploughing*) dan **penggaruan** (*harrowing*), tetapi tergantung pula pada kondisi tanah setempat, jenis tanaman yang hendak ditanam, dan bahan penanaman yang dipergunakan. *Land-clearing* bermaksud membersihklan areal lahan terhadap pepohonan, semak-semak dan alang-alang atau tumbuh-tumbuhan lainnya. Pembajakan (*ploughing*) menggunakan alat pengolah tanah yang disebut bajak, untuk membelah dan/atau membalik tanah. Tujuan dari membajak adalah:

1. Membelah tanah menjadi bongkah-bongkah lebih kecil sehingga penggemburan selanjutnya lebih mudah dilakukan.
2. Membentuk lapisan bajak/lapisan kedap air (*plough sole*).
3. Memperbaiki tata udara tanah.
4. Merangsang pertumbuhan biji tumbuhan pengganggu dan membalik/menimbun dengan tanah sesudah berkecambah/tumbuh.

Penggaruan (*harrowing*) menggunakan alat pengolah tanah yang disebut garu (*harrow*), untuk memecah dan meratakan tanah. Tujuan dari menggaru adalah:

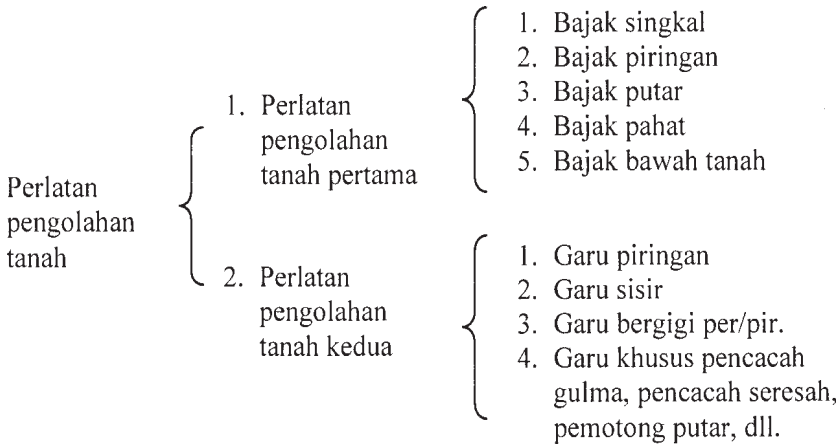
1. Membantu terbenuknya lapisan kedap air.
2. Membantu terbentuknya struktur lumpur dengan

menghancurkan bongkah-bongkahan besar menjadi struktur remah.

3. Memberantas tumbuhan pengganggu yang sempat tumbuh.
4. Membersihlkan tanah dari sisa-sisa perakaran tumbuh liar, rumput yang mati, kemudian membenankan ke dalam tanah.

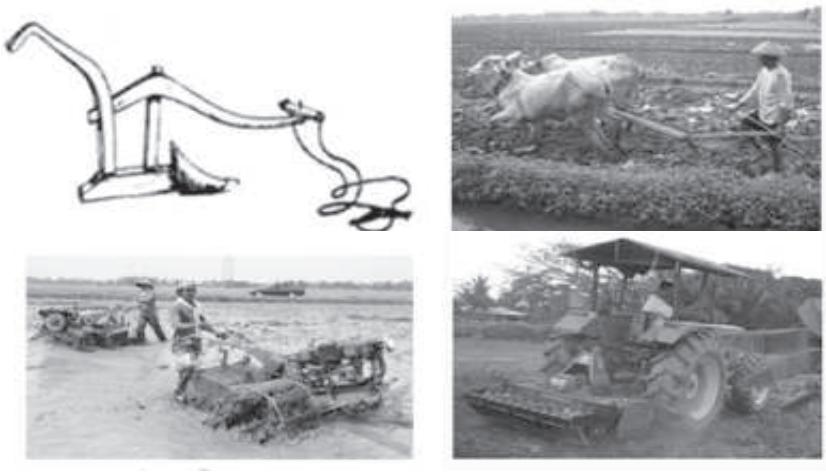
Berdasarkan atas tahapan kegiatan, hasil kerja dan dalamnya tanah yang menerima perlakuan pengolahan tanah, kegiatan pengolahan tanah dibedakan menjadi dua macam, yaitu pengolahan tanah pertama atau awal (*primary tillage*) yaitu membajak, dan pengolahan tanah kedua (*secondary tillage*) yaitu menggaru. Dalam pengolahan tanah pertama, tanah dibelah atau dipotong kemudian diangkat terus dibalik agar sisa-sisa tanaman yang ada dipermukaan tanah dapat terbenam di dalam tanah. Kedalaman pemotongan dan pembalikan umumnya di atas 15 cm. Pada umumnya hasil pengolahan tanah masih berupa bongkah-bongkah tanah yang cukup besar, karena pada tahap pengolahan tanah ini penggemburan tanah belum dapat dilakukan dengan efektif. Dalam pengolahan tanah kedua, bongkah-bongkah tanah dan sisa-sisa tanaman yang telah terpotong pada pengolahan tanah pertama akan dihancurkan menjadi lebih halus dan sekaligus mencampurnya dengan tanah.

Alat dan mesin pengolahan tanah pertama (*primary tillage equipment*) yang digunakan biasanya berupa bajak (*plow*) dengan segala jenisnya. Contohnya bajak singkal, bajak piringan, bajak putar, bajak pahat, dan bajak tanah bawah. Sedangkan alat dan mesin pengolahan tanah kedua (*secondary tillage equipment*) biasanya berupa garu dengan segala jenisnya. Contohnya, garu piringan, garu sisir dan garu bergigi (Wijayanto, 2013). Jenis-jenis peralatan pengolahan tanah seperti pada Gambar 20 sedangkan contoh gambar alat pengolahan tanah seperti pada Gambar 21 sampai 23.

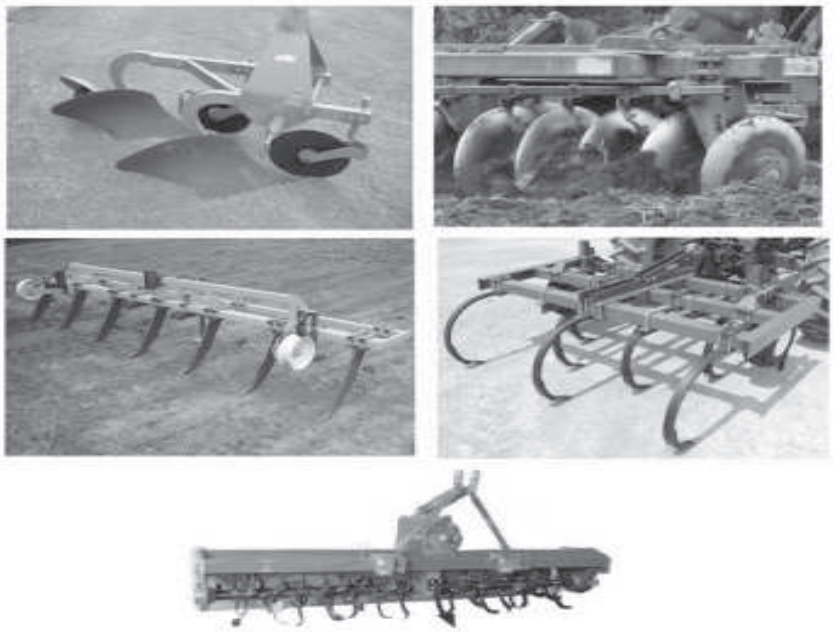


Gambar 20. Bagan peralatan pengolahan tanah

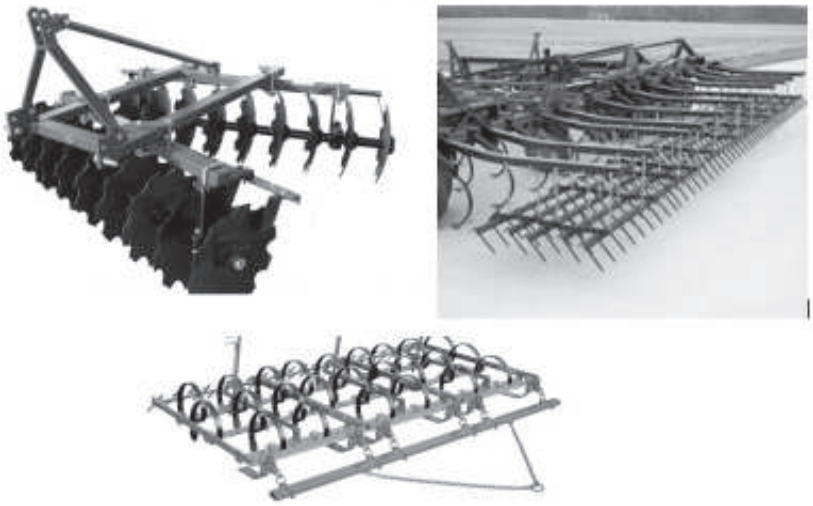
Berdasarkan bentuk dan kegunaannya, secara garis besar bajak dibedakan atas beberapa jenis, yaitu bajak singkal (*mold board plow*), bajak piringan (*disk plow*), bajak rotari atau bajak putar (*rotary plow*), bajak pahat (*chisel plow*), dan bajak tanah bawah (*sub soil plow*). Sedangkan macam-macam garu yang digunakan untuk pengolahan tanah kedua adalah: garu piringan (*disk harrow*); garu bergigi paku (*spikes tooth harrow*); garu bergigi per (*springs tooth harrow*); dan garu-garu untuk pekerjaan khusus (*special harrow*) seperti garu pencacah gulma atau seresah (*weeder mulcher*); garu potong putar (*rotary cross harrow*); dan garu penggemburan tanah (*soil surgeon*) (Wijayanto, 2013).



Gambar 21. Contoh bajak tradisional (atas) dan bajak moder (bawah)



Gambar 22. Bajak singkal (atas kiri), bajak piringan (atas kanan), bajak rotari atau bajak putar (tengah kiri), bajak pahat (tengah kanan), dan bajak tanah bawah (bawah) (Wijayanto, 2013)



Gambar 23. Garu piringan (atas kiri); garu bergigi paku (atas kanan); garu bergigi per (bawah) (Wijayanto, 2013)

Cara pengolahan tanah sawah dan tanah darat (kering) akan berbeda disebabkan oleh kondisi dan struktur tanahnya yang berbeda. Pada pengolahan tanah sawah, sebelum dibajak sawah digenangi air, umumnya seminggu sebelum pembajakan dimulai, dengan tujuan agar tanah saat dibajak cukup lunak. Kemudian jerami/rumput-rumput dibabat sebelum dibajak dan lubang pemasukan/pembuangan air dari petak sawah ditutup. Pembajakan dimulai dari pinggir kemudian mengelilingi petak sawah dan berakhir di tengah. Dengan demikian akan tertinggal bagian pojok-pojok petak sawah yang tidak terkena bajak untuk dikerjakan dengan cangkul. Dalamnya pembajakan 20-25 cm. Pembajakan yang kurang dalam misalnya kurang dari 10 cm akan mengakibatkan pertumbuhan gulma yang hebat sehingga menyulitkan dalam perlindungan atau pembereantasan gulma. Penggaruan dilakukan dengan arah memanjang petak, kemudian melintang. Juga dilakukan dalam keadaan tanah sawah yang cukup tergenang air.

Apabila tanah sawah cukup ringan, adakalanya tidak dilakukan pembajakan, tetapi cukup dengan penggaruan. Misalnya dilakukan 2 kali penggaruan dengan selang waktu

7-10 hari. Setelah selesai menggaru yang kedua, petak sawah dibiarkan tergenang air 4-5 hari supaya lumpur mengendap dan petak sawah lebih rata. Satu sampai 2 hari sebelum tanam, air dibuang dan tanah diratakan, baru kemudian bibit padi ditanam.

Pada pengolahan tanah darat (tanah kering), tujuan utamanya adalah untuk membentuk media tumbuh (*-seed bed*) yang gembur dan mantap. Dengan menggemburkan tanah berarti memberikan permukaan tanah yang lebih datar sehingga memungkinkan benih yang ditanam kontak lebih dekat dengan butiran tanah. Juga dengan penggemburan tanah terdapat kemunginan bertambahnya molekul-molekul air sebagai lapisan tipis (*water film*) pada butiran tanah sehingga memungkinkan untuk diserap oleh benih. Pengolahan tanah darat yang sempurna disamping meningkatkan proses-proses kimia dan biologis yang erat kaitannya dengan ketersediaan hara, juga mengurangi gas-gas racun dari dalam tanah, misalnya asam sulfida. Hal penting yang harus diperhatikan dalam pengolahan tanah kering adalah mempertahankan bahan organik, karena merupakan komponen tanah yang penting dalam menyediakan unsur hara dan air.

Pada tanah kering, untuk mengatasi tanah dari kemungkinan yang kurang sesuai diadakan pemulsaan (*mulching*). Tujuan *mulching* adalah:

1. Memperbaiki kondisi fisik tanah dipermukaan.
2. Absorpsi air oleh benih membaik karena penguapan dari permukaan tanah dikurangi.
3. *Run-off* air dikurangi.
4. Fluktuasi dan suhu tanah lebih stabil.
5. Kemungkinan benih hanyut oleh air berkurang.

Disamping itu, belakangan ini pada tanah bermasalah seperti tanah masam (tanah dengan kemasaman rendah, tanah alkalin (tanah dengan kemasaman tinggi), tanah salin (tanah dengan kadar garam NaCl tinggi), tanah berat (tanah dengan kandungan liat tinggi) atau tanah pasir, sambil melakukan pengolahan tanah dilakukan tindakan pembenahan tanah/ameliorasi (*amelioration*) dengan

penambahan kapur pertanian, pupuk organik, pembenah tanah berisi mikro-organisma seperti mikorhiza, dekomposan tanah dan penambat nitrogen.

6.3. Penanaman dan Jarak Tanam

Penanaman adalah kegiatan menanam, menyebar benih atau memindahkan bibit dari tempat penyemaian ke lahan yang sudah disiapkan. Proses menanam, menyebar benih atau memindahkan bibit tidak boleh dilakukan dengan sembarangan, perlu adanya metode yang baik agar tanaman dapat tumbuh dan berproduksi dengan maksimal.

Apabila lahan sudah siap, maka bibit dapat segera ditanam. Ada lima faktor penting yang perlu diperhatikan dalam penanaman, yaitu waktu tanam, jarak tanam, distribusi tanaman, arah barisan, dan sistem kontur/teras.

Waktu tanam berkaitan erat dengan iklim, karena akan mempengaruhi ketersediaan air dan tingkat serangan hama dan penyakit. Iklim di Indonesia dibedakan menjadi dua, yaitu musim hujan (Oktober-Maret) dan musim kemarau (April-September). Ada tanaman yang cocok ditanam di musim penghujan, tetapi ada yang lebih baik bila ditanam di musim kemarau. Di musim hujan air berlebihan dan di tanah sawah tidak banyak tanaman yang baik ditanam, kecuali padi. Sebaliknyan, di tanah-tanah kering pada musim hujan walaupun suplai air baik untuk banyak tanaman, akan tetapi cuaca yang lembab dan matahari jarang bersinar menyebabkan banyak terjadi serangan penyakit. Di musim kemarau, dengan sedikitnya suplai air seringkali kekeringan mengancam terlebih dengan adanya fenomena perubahan iklim global (*global climate change*). Waktu tanam juga dipengaruhi permintaan pasar, dengan kemajuan teknologi budidaya, untuk mengejar pasar kadang waktu tanam perlu dilakukan di luar musim (*off season*).

Bila pemilihan saat tanam telah tepat dan persiapan tanah telah dilakukan sebaik-baiknya (telah mengalami pembajakan, penggaruan dan pencangkulan dengan intensitas sesuai dengan sifat-sifat tanah), maka hal yang

perlu ditentukan adalah jarak tanam. Jarak tanam disesuaikan dengan besar kecilnya habitus tanaman dan tingkat kesuburan tanah. Mengatur jarak tanam berarti memberi ruang hidup (*space*) yang sama/merata bagi setiap tanaman.

Dalam penyuluhan pertanian sering dianjurkan ***"tandur jajar",*** yaitu penanaman dengan jarak tanam yang teratur dan barisan teratur. Dengan mengatur jarak tanam akan diperoleh barisan-barisan tanaman yang teratur sehingga mudah dalam melakukan pengelolaan tanaman selanjutnya. Jarak tanam menentukan efisiensi pemanfaatan ruang tumbuh serta jenis dan tingkat teknologi yang digunakan dalam budidaya. Secara umum, **jarak tanam** ditentukan oleh jenis tanaman, tingkat kesuburan tanah, kelembaban tanah, tujuan pengusahaan tanaman, dan teknologi yang digunakan (manual atau mesin). Berbagai keuntungan yang didapat dari bertanam dengan jarak tanam yang teratur, yaitu:

1. Pertanaman tampak rapi karena arah barisan diatur sedemikian rupa.
2. Memudahkan dalam pemeliharaan, misalnya dalam pemberian pupuk, penyiangan gulma, pengendalian hama penyakit, dan sebagainya.
3. Dengan jarak tanam yang teratur dapat ditentukan jumlah populasi tanaman tiap luas lahan sehingga kebutuhan bibit/benih dapat ditentukan sebelumnya.

Pengaturan jarak tanam juga dimaksudkan agar tanaman dapat memperoleh kebutuhan hidupnya secara merata, khususnya dalam hal kebutuhannya akan air, unsur hara, dan cahaya matahari. Masing-masing tanaman mempunyai jarak tanam optimum yang berbeda dengan tanaman lainnya. Jarak tanam akan mempengaruhi kerapatan tanaman atau **jumlah populasi** per unit area, dan jumlah populasi tanaman mempengaruhi pertumbuhan relatif dan hasil bersih fotosintesis. Kecukupan akan ketiga faktor kebutuhan hidup tanaman (air, unsur hara, cahaya matahari) akan mengurangi terjadinya persaingan (kompetisi) antar individu tanaman dalam memperebutkan air, unsur hara, dan cahaya matahari, sehingga jarak tanam

merupakan penentu besar kecilnya hasil panen yang diperoleh.

Dari tanaman yang kita usahakan sebagai **obyek agronomi** di **unit agronomi,** hasil yang kita peroleh (**sasaran agronomi**) dapat berupa: (1) **hasil ekonomi** (***economic yield***) atau **hasil utama,** bisa sebagai hasil reproduktif (biji atau buah) atau hasil vegetatif (daun, umbi, batang), dan (2) **hasil biologis (*biological yield*)** atau **hasil biomassa**, yaitu total dari hasil ekonomi dan hasil berangkasan tanaman (bagian tanaman selain yang dipanen sebagai hasil ekonomi). Sebagai contoh, apabila yang diusahakan adalah tanaman jagung, kentang dan sawi hijau, maka yang disebut sebagai hasil ekonomi berturut-turut adalah biji untuk jagung, umbi untuk kentang dan daun untuk sawi hijau. Yang disebut hasil berangkasan pada ketiga tanaman tersebut adalah bagian tanaman selain biji pada jagung, umbi pada kentang dan daun pada sawi hijau. Jarak tanam atau kerapatan tanaman/populasi tanaman memiliki hubungan yang sangat erat dengan sasaran agronomi dari kedua bentuk hasil tersebut.

Apabila *economic yield*-nya adalah biji (*seed yield*), hubungan antara produksi dengan populasi tanaman dinyatakan dalam hubungan parabolik (Gambar 24) yang merupakan fungsi kuadratik (*Sadras dan Calderini, 2015)*, seperti di bawah ini.

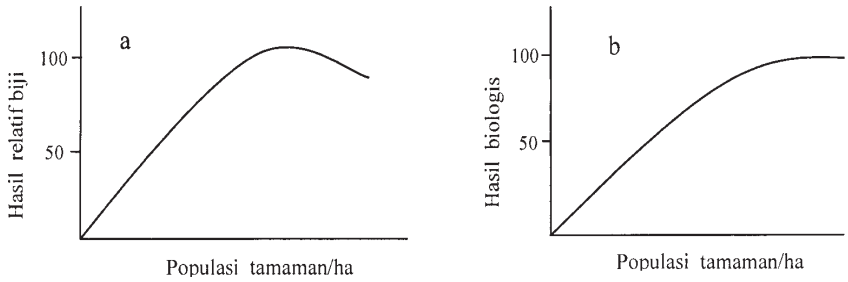
$$Y = a + bX - cX^2$$

Dimana:
Y = hasil biji per unit area)
X = populasi tanaman
a, b, c = konstanta regresi

Sedangkan untuk *biological yield*, hubungan antara produksi dengan populasi tanaman dinyatakan dalam hubungan hiperbolik tegak (Gambar 24), dan fungsinya ditulis seperti di bawah ini (*Sadras dan Calderini, 2015).*

$$Y = ax \frac{1}{1 + Abx}$$

Dimana:
Y = hasil bahan kering per unit area
A = hasil maksimum per tanaman
X = populasi/jumlah tanaman per unit area
b = koefisien regresi linier



Gambar 24. Hubungan populasi (jarak tanam) dengan hasil relatif biji (a) dan hasil biologis (b)

Berbasarkan Gambar 24a dan 24b, bagi kita adalah penting untuk mengetahui kerapatan tanam yang tepat sehingga sasaran agronomi tercapai sesuai dengan yang ditargetkan. Dalam hal yang dipanen adalah hasil biji, untuk menentukan jarak tanam optimum dapat dilakukan dengan mengukur pada jarak tanam mana mulai terjadi pendataran garis grafik (*leveling of*) dari hasil bahan kering berangkasannya. Umumnya pada kerapatan tanam itu diperoleh produk maksimum dari biji/benih.

Distribusi tanaman, yaitu pengaturan letak tanaman pada sebidang tanah mempengaruhi keefisienan penggunaan cahaya (Gambar 25). Menurut Harjadi (1996) model pengaturan jarak tanam ada beberapa macam, yaitu :

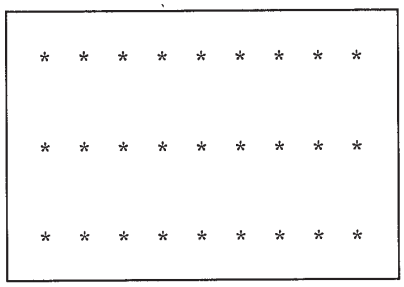
1. Baris tunggal (*single row*)
2. Baris rangkap (*double row*)
3. Jarak bujur sangkar (*on the square*)
4. Jarak sama segala penjuru (*equidistant plant spacing*)

Pada umumnya jarak tanam sama segala penjuru (*equidistant plant spacing*) lebih efisien dari pada jarak tanam yang lain, karena awal titik kompetisi terjadinya lebih tertunda dibandingkan dengan yang lain.

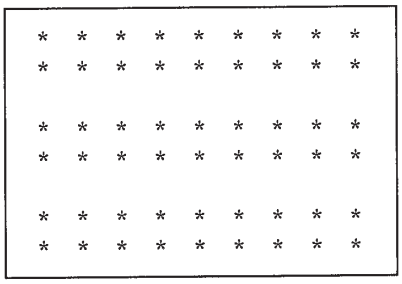
Arah barisan dapat digunakan untuk menggunakan cahaya secara efisien. Tanaman yang ditanam dengan arah barisan Timur-Barat menggunakan cahaya lebih efisien daripada dengan arah barisan Utara-Selatan. Dalam banyak keadaan, penggunaan arah barisan ditentukan oleh arah lereng ataupun teras-teras. Dilereng yang tidak berteras, sebaiknya barisan atau guludan tegak lurus arah lereng, di lereng yang berteras arah barisan sering sejajar lereng atau tegaklurus teras. Dengan lereng yang landai tak berteras dianjurkan bertanam menurut sistem "*countur*", barisan-barisan tidak perlu lurus, dapat berkelok-kelok sesuai dengan keadaan bukit, tetapi harus sam tinggi (datar).

Untuk tanaman berbaris, jarak dalam barisan dan antar barisan menentukan kerapatan (*spacing*). Jarak antar barisan ditentukan oleh perlengkapan-perlengkapan untuk penyiangan (dengan traktor, tangan, dan lian-lain). Kecenderungan dewasa ini adalah ke jarak yang sempit dan perlengkapan-perlengkapan sekarang diarahkan kesana. Kerapatan tanaman mempengaruhi penampilan dan produksi tanaman, terutama karena keefisienan penggunaan cahaya.

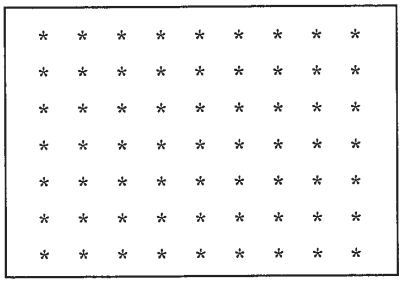
Hubungan antara jarak tanam dan populasi tanaman dapat diformulasikan dengan rumus: **populasi** = luas lahan dibagi dengan luas areal yang ditempati oleh satu individu. Apabila jarak tanam yang digunakan adalah segi empat maka populasi per luas areal dapat dihitung dengan rumus: **populasi** = luas lahan dibagi dengan jarak dalam barisan dikali jarak antar barisan, sedangkan apabila jarak tanamnya sama segala penjuru maka populasi dapat dihitung dengan rumus: **populasi** = luas lahan dibagi alas dikalikan tinggi.



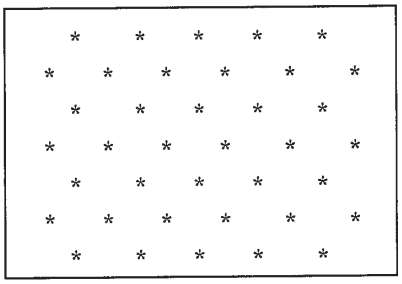
Baris tunggal (*single row*)



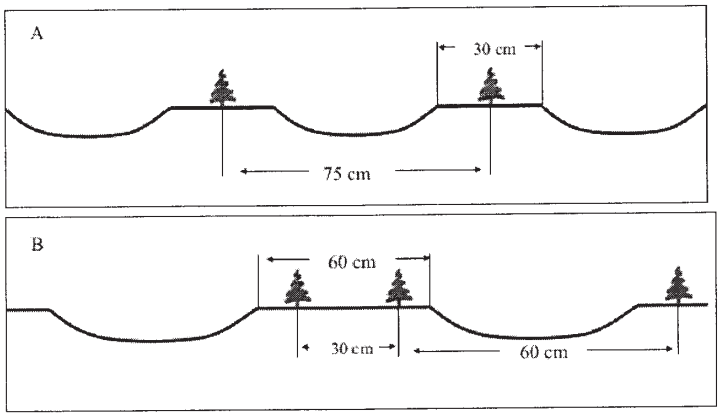
Baris rangkap/ganda (*double row*)



Jarak bujur sangkar (*on the square*)



Jarak sama segala penjuru (*equidistant plant spacing*)



Dua contoh pengaturan jarak tanam
A = baris tunggal, B = baris ganda

Gambar 25. Model pengaturan jarak tanam

Pada umumnya produksi tiap satuan luas yang tinggi tercapai dengan populasi tinggi, karena tercapainya penggunaan cahaya secara maksimum diawal pertumbuhan. Akan tetapi pada akhirnya, penampilan masing-masing tanaman secara individu menurun karena persaingan (*competition)* untuk cahaya dan faktor-faktor tumbuh lainnya. Tanaman memberikan respons dengan mengurangi ukuran baik pada seluruh tanaman maupun bagian-bagian tanaman (cabang, umbi atau polong).

Kerapatan tanaman penting diketahui untuk menentukan **sasaran agronomi**, yaitu produksi maksimum. Dari berbagai penelitian jarak tanam dapat diketahui jarak tanam berapa mulai terjadi pendataran garis grafik. Berarti setelah kondisi itu penambahan populasi tidak lagi dapat meningkatkan produksi, bahkan terjadi persaingan yang sangat ketat yang pada akhirnya terjadi penurunan produksi. Kerapatan optimum ditentukan oleh pertimbangan-pertimbangan ekonomi dalam menentukan keuntungan optimum. Produksi akan naik dengan naiknya populasi, kemudian pada saat titik kompetisi tercapai maka produksi mulai menurun. Hal yang sama juga berlaku untuk mutu hasil. Bila mutu hasil merupakan faktor penentu harga, mutu optimum terjadi pada suatu populasi tertentu, sesudah itu kenaikan populasi akan menurunkan mutu sehingga harga jual atau keuntungan akan menurun.

Pada padi sawah, akhir-akhir ini lebih disarankan menggunakan jarak tanam baris rangkap atau jarak tanam ganda, atau sering disebut dengan **"jajar legowo"**. Kata "legowo" di ambil dari bahasa jawa yang berasal dari kata "**lego**" artinya "luas" dan "**dowo**" artinya "panjang". Tujuan utama dari tanam padi dengan sistem jajar legowo yaitu meningkatkan populasi tanaman dengan cara mengatur jarak tanam dan memanipulasi lokasi dari tanaman yang seolah-olah tanaman padi berada di pinggir (tanaman pinggir) atau seolah-olah tanaman lebih banyak berada di pinggir. Secara teoritis, tanaman yang berada di pinggir akan menghasilkan produksi padi lebih tinggi dan kualitas dari gabah yang lebih baik, ini dikarenakan tanaman padi di pinggir akan mendapatkan sinar matahari yang lebih banyak

dan sirkulasi udara yang lebih baik. Sistem Jajar Legowo ada tiga tipe (Abdurahman *et al.,* 2013), yaitu:

1. Jajar Legowo 2:1, yaitu setiap dua baris diselingi satu baris yang kosong dengan lebar dua kali jarak tanam, dan pada jarak tanam dalam baris yang memanjang di perpendek menjadi setengah jarak tanam dalam barisannya.
2. Jajar Legowo 3:1, yaitu setiap tiga baris tanaman padi di selingi dengan satu baris kosong dengan lebar dua kali jarak tanam, dan untuk jarak tanam tanaman padi yang dipinggir menjadi setengah jarak tanam dalam barisannya
3. Jajar Legowo 4:1, yaitu setiap empat baris tanaman padi diselingi dengan satu baris kosong dengan lebar dua kali jarak tanam, dan untuk jarak tanam tanaman padi yang dipinggir menjadi setengah jarak tanam dalam barisannya

Peningkatan populasi tanaman padi yang ditanam dengan jajar legowo secara umum sesuai rumus: **100% x 1 : (1+jumlah legowo**) (Abdurahman *et al.,* 2013). Berdasarkan rumus tersebut maka peningkatan pupulasi sebagai berikut:

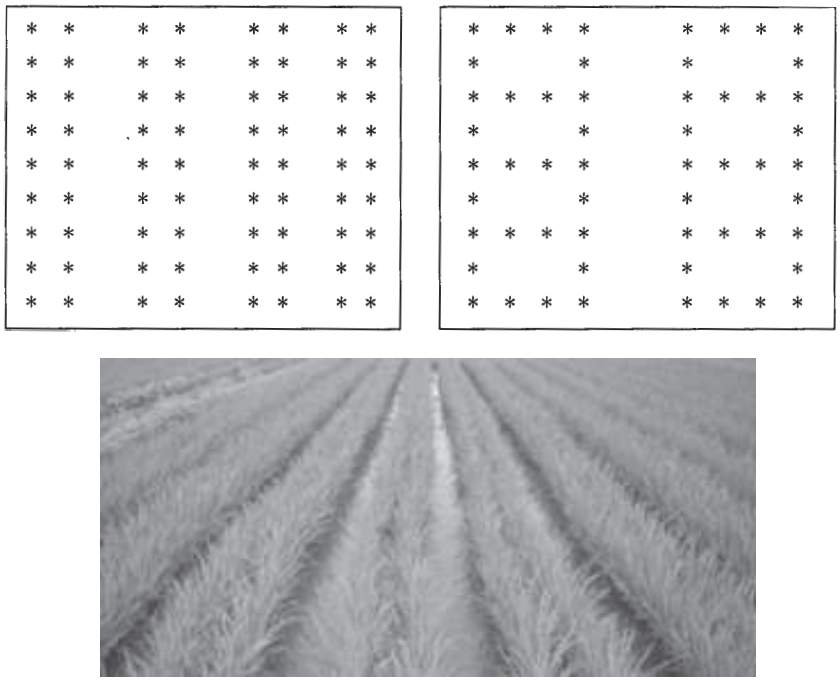
1. Jika legowo 2:1, peningkatan populasi per hektar: 100% x 1 : (1 + 2) = 33,3 %
2. Jika legowo 3:1, peningkatan populasi per hektar: 100% x 1 : (1 + 3) = 25 %
3. Jika legowo 4:1, peningkatan populasi per hektar: 100% X 1 : (1 + 4) = 20 %

Manfaat menanam padi dengan sistem jajar legowo, yaitu:

1. Meingkatnya populasi/jumlah tanaman per satuan luas.
2. Meningkatkan kuantitas dan kualitas gabah.
3. Mengurangi serangan hama dan penyakit.
4. Mempermudah perawatan (pemupukan dan pengendalian hama penyakit).
5. Menghemat pupuk, karena yang dipupuk hanya di bagian dalam baris tanaman saja

Sedangkan kelemahan menanam padi dengan sistem jajar legowo, yaitu:

1. Membutuhkan tenaga kerja lebih banyak dan waktu lebih lama pada saat penanaman.
2. Membutuhkan benih yang lebih banyak, karena lebih banyaknya populasi.
3. Umumnya dengan jajar legowo rumput tumbuh lebih banyak.



Gambar 26. Jajar legowo 2:1 (atas kiri), jajar legowo 4:1(atas kanan) dan contoh tampilan padi di lapangan dengan dengan jajar legowo 2:1(bawah)

6.4. Pupuk dan Pemupukan

Pupuk adalah bahan organik maupun anorganik yang ditambahkan pada media tanam atau tanaman untuk mencukupi kebutuhan unsur hara/nutrisi yang diperlukan

tanaman untuk memamksimalkan pertumbuhan dan produktivitas. Sedangkan **pemupukan** adalah setiap usaha dalam memberikan pupuk dengan tujuan untuk menambah usur hara yang dibutuhkan oleh tanaman agar produksi dan mutu hasil tanaman meningkat.

6.4.1. Pupuk dan Jenis-Jenis Pupuk

Pupuk mengandung bermacam-macam unsur hara yang diperlukan tanaman untuk kelangsungan hidupnya. Secara garis besar unsur hara yang dibutuhkan tanaman meliputi **unsur hara makro dan unsur hara mikro**. Unsur hara makro adalah unsur hara yang dibutuhkan dalam jumlah relatif banyak, yang terdiri atas 9 unsur yaitu C (Carbon), H (Hidrogen), O (Oksigen), N (Nitrogen), P (Phosfor), K (Kalium), Ca (Calsium), Mg (Magnesium) dan S (Sulfur/ Belerang). Belakangan ini sering para ahli mengelompokkan unsur hara makro menjadi 3 kelompok, yaitu unsur hara makro utama terdiri atas C, H dan O, unsur hara makro primer terdiri atas N, P dan K, serta unsur hara makro sekunder terdiri atas Ca, Mg dan S. Sedangkan unsur hara mikro adalah unsur hara yang dibutuhkan dalam jumlah yang relatif sedikit, yang terdiri atas 7 unsur yaitu Fe (Ferum/ Besi), B (Boron), Mn (Mangan), Zn (Seng), Cu (Cuprum/ Tembaga), Mo (Molibdenum) dan Cl (Clor). Dasar pembagiannya menjadi hara makro dan mikro sebetulnya tidak jelas. Dalam praktek, pembagian ini tidak banyak artinya karena sangat tergantung jenis tanaman dan kondisi lingkungan. Sebagai contoh, jenis unsur hara mikro sudah sangat berkembang jumlahnya dengan dimasukkannya berbagai unsur hara lain selain yang 7 di atas, seperti Si (Silikon), Na (Natrium), Co (Cobalt), dan Ni (Nikel) (Marschner, 2012).

Pupuk berfungsi sebagai zat hara untuk mencukupi kebutuhan nutrisi tanaman dan meningkatkan kesuburan tanah. Aktivitas pertanian yang secara terus menerus dilakukan pada suatu lahan mengakibatkan tanah kehilangan unsur hara. Kehilangan yang dimaksud disebabkan karena diserap oleh tanaman untuk membentuk

biomassa kemudian hasilnya diambil oleh manusia atau dibawa keluar dari lahan tersebut, hanyut (mengalami erosi) bersama air hujan dari permukaan tanah, dan hanyut ke dalam (ke bagian yang lebih dalam dari permukaan tanah) yang disebut dengan **perkolasi**, sehingga tidak dapat dijangkau/dimanfaatkan oleh taaman. Oleh karena itu, untuk mengembalikan ketersediaan hara pada media tanam diperlukan penambahan pupuk.

Pupuk secara umum digolongkan menjadi dua jenis, yaitu pupuk organik dan pupuk anorganik. Namun, pupuk juga dapat digolongkan berdasarkan berbagai kriteria lainnya seperti kandungan unsur hara, bentuk fisik, cara aplikasi, cara melepaskan unsur hara setelah pupuk diaplikasikan, dan lain-lain.

a. Jenis pupuk berdasarkan sumber bahannya.

Berdasarkan sumber bahannya, pupuk digolongkan menjadi dua jenis, yaitu pupuk organik dan anorganik. **Pupuk organik** merupakan pupuk yang berasal dari pelapukan sisa-sisa tanaman, hewan dan bahan alam lainnya, baik yang diproses secara alami maupun melalui rekayasa/campur tangan manusia. Contoh pupuk organik antara lain pupuk kompos, pupuk kandang, pupuk hijau, humus dan pupuk organik buatan. Pupuk kompos berasal dari sisa-sisa tanaman dan pupuk kandang berasal dari kotoran ternak. Pupuk organik mempunyai komposisi kandungan unsur hara yang lengkap, tetapi jumlah tiap jenis unsur hara tersebut rendah. Sesuai dengan namanya, kandungan bahan organik pupuk ini termasuk tinggi. **Pupuk anorganik** adalah pupuk buatan atau pupuk alami yang terbuat dari bahan kimia. Pupuk anorganik buatan dibuat oleh pabrik dengan cara meramu berbagai bahan kimia sehingga memiliki persentase kandungan hara yang tinggi. Contohnya, pupuk urea, ZA, TSP, Rustika dan Nitrophoska. Sedangkan pupuk anorganik alami yaitu pupuk yang terdapat di alam atau dibuat dengan bahan alam tanpa proses yang berarti. Misalnya, pupuk alami batuan phosfat.

b. Jenis pupuk berdasarkan bentuk fisiknya

Berdasarkan bentuk fisikya, pupuk digolongkan menjadi dua jenis, yaitu pupuk padat dan pupuk cair. **Pupuk padat** yaitu pupuk dengan bentuk fisik padatan, dapat berupa butir (*granule*), kristal, tablet atau tepung. Pada umumnya pupuk padat adalah pupuk yang mengandung unsur hara makro. Pupuk padat ada yang diaplikasikan secara langsung pada media tanam, ada juga yang dicampur dengan air untuk kemudian disemprotkan ke tanaman ataupun media tanam. Contoh pupuk padat butiran: SP-36, sedangkan contoh pupuk padat kristal: urea. **Pupuk cair** yaitu pupuk yang berbentuk cair atau diproduksi dalam bentuk cair. Pupuk cair biasanya adalah pupuk dengan unsur hara mikro, namun demikian ada beberapa jenis pupuk makro yang juga berbentuk cair.

c. Janis pupuk berdasarkan jumlah unsur hara yang dikandungnya

Berdasarkan jumlah unsur hara yang dikandung, pupuk digolongkan menjadi dua jenis, yaitu pupuk tunggal dan pupuk majemuk. **Pupuk tunggal** adalah pupuk dengan kandungan unsur hara satu macam saja, biasanya berupa unsur hara makro primer. Contohnya, pupuk urea hanya mengandung N. **Pupuk majemuk** ialah pupuk yang mengandung unsur hara lebih dari satu macam. Penggunaan pupuk ini lebih praktis karena hanya dengan satu kali penebaran, beberapa jenis unsur hara dapat diberikan. Namun, dari sisi harga pupuk ini lebih mahal. Contohnya: pupuk NPK mengandung unsur hara N, P dan K, pupuk diamoniomphosfat mengandung N dan P, dan pupuk rustika mengandung unsur hara N, P dan K.

d. Jenis pupuk berdasarkan macam hara yang dikandung.

Berdasarkan macam atau jenis hara yang dikandung, pupuk digolongkan menjadi tiga jenis, yaitu pupuk makro, pupuk mikro dan pupuk campuran. **Pupuk**

makro ialah pupuk yang mengandung hanya hara makro saja, contohnya pupuk NPK, nitrophoska, dan rustika. **Pupuk mikro** ialah pupuk yang hanya mengandung hara mikro saja, misalnya mikroplet dan metalik. **Pupuk campuran** ialah pupuk yang berisi campuran hara makro dan mikro, misalnya pupuk gandasil, bayfolan, dan rustika. Sering juga dalam pupuk campuran ditambahkan juga zat pengatur tumbuh (hormon tumbuh).

e. Jenis pupuk berdasarkan tempat aplikasinya

Berdasarkan tempat aplikasinya, pupuk digolongkan menjadi dua jenis, yaitu pupuk daun dan pupuk akar. **Pupuk daun** ialah pupuk yang cara pemupukan dilarutkan dalam air dan disemprotkan pada permukaan daun. Biasanya pupuk daun memiliki kandungan unsur hara mikro. **Pupuk akar** atau pupuk tanah ialah pupuk yang diberikan ke dalam tanah disekitar akar, bisa dengan ditabur/ditebar, di tugal, atau disemprotkan ke pangkal batang (*soil drenching*). Pupuk akar biasanya memiliki kandungan unsur hara makro.

f. Jenis pupuk Berdasarkan reaksi fisiologisnya

Berdasarkan reaksi fisiologisnya, pupuk dibedakan menjadi dua macam, yaitu pupuk dengan reaksi fisiologis masam dan reaksi fisiologis basa. Pupuk mempunyai reaksi fisiologis masam artinya bila pupuk tersebut diberikan ke dalam tanah maka kecenderungannya tanah menjadi lebih masam (pH menjadi menurun dibandingkan sebelum pemupukan), contohnya ZA dan urea. Sedangkan pupuk yang mempunyai reaksi fisiologis basa ialah pupuk yang bila diberikan ke dalam tanah menyebabkan pH tanah cenderung naik, contohnya dolomit, gipsum dan kalsium sianida.

g. Jenis pupuk berdasarkan cara melepaskan unsur hara

Berdasarkan cara melepaskan unsur hara, pupuk dapat digolongkan menjadi dua macam, yaitu **pupuk *fast release*** dan ***slow release***. Pupuk *fast*

release (cepat tersedia) yaitu pupuk yang dalam waktu singkat setelah pemberian, unsur haranya segera terlepas sehijgga dengan cepat dapat dimanfaatkan oleh tanaman (unsur haranya mudah dan cepat dapat diserap oleh tanaman). Kelemahan pupuk ini adalah terlalu cepat habis, bukan hanya karena diserap oleh tanaman tetapi juga menguap atau tercuci oleh air. Contoh pupuk *fast release* antara lain urea, ZA dan KCL. Pupuk *slow release* atau yang sering disebut dengan pupuk lepas terkendali (*controlled release*) yaitu pupuk yang akan melepaskan unsur hara yang dikandungnya sedikit demi sedikit sesuai dengan kebutuhan tanaman. Dengan demikian, manfaat yang dirasakan dari satu kali aplikasi lebih lama bila dibandingkan dengan pupuk *fast release*. Mekanisme ini dapat terjadi karena unsur hara yang dikandung pupuk *slow release* dilindungi secara kimiawi dan mekanis. Perlindungan secara mekanis yaitu dengan adanya pembungkus bahan pupuk dengan selaput polimer atau selaput yang mirip dengan bahan pembungkus kapsul. Contohnya, *polimer coated urea* dan *sulfur coated urea*. Perlindungan secara kimiawi dilakukan dengan cara mencampur bahan pupuk menggunakan zat kimia, sehingga bahan tersebut lepas secara terkendali. Contohnya Methylin urea, urea formaldehide dan isobutilidern diurea. Pupuk jenis ini harganya sangat mahal sehingga hanya digunakan untuk tanaman-tanaman yang bernilai ekonomis tinggi.

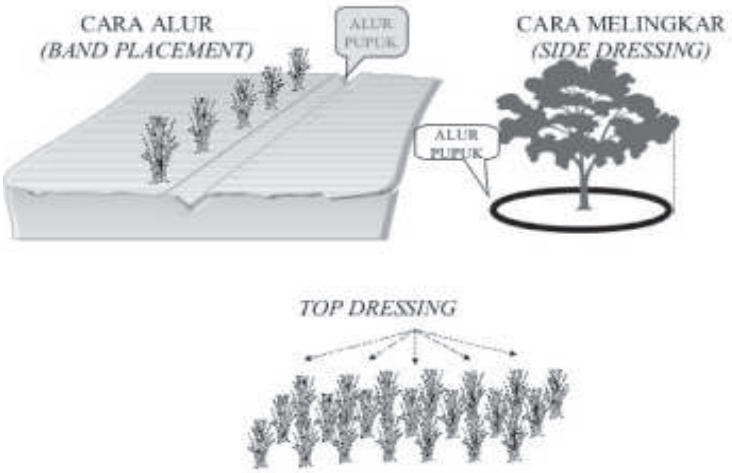
h. Jenis pupuk berdasarkan cara penggunaannya

Berdasarkan cara penggunaannya, pupuk dibedakan menjadi lima macam yaitu pupuk yang diberikan dengan cara larikan, sebar, *pop-up*, tugal dan *fertigasi*. Cara **larikan** yaitu dengan membuat membuat parit kecil disamping barisan tanaman sedalam 6-10 cm. Pupuk kemudian ditempatkan di dalam larikan tersebut, lalu tutup kembali. Cara ini dapat dilakukan pada satu atau kedua sisi baris tanaman. Pada jenis pepohonan, larikan dibuat melingkar di sekeliling pohon dengan jari-jari 0,5-1 kali jari-jari tajuk. Pupuk yang tidak mudah menguap

dapat langsung ditempatkan di atas tanah, setelah itu larikan ditutup kembali dengan tanah tipis. Pemberian pupuk dengan cara larikan umumnya cocok untuk tanaman dengan pertumbuhan cepat dan perakaran yang terbatas. **Cara sebar** (*broadcast*) yaitu dengan penebaran secara merata di atas permukaan tanah, biasanya dilakukan sebelum penanaman untuk tanaman yang ditanam dengan jarak tanam rapat. Pemberian pupuk dengan cara ini tidak disarankan untuk pupuk urea karena sangat mudah menguap. ***Pop-up*** yaitu pemberian pupuk dengan cara dimasukkan ke lubang tanam pada saat penanaman benih atau bibit. Cara ini cocok untuk pupuk yang memiliki kadar garam yang rendah agar tidak merusak benih atau biji. Cara ini lazim digunakan untuk pupuk jenis SP36, pupuk organik, atau pupuk *slow release*. **Cara tugal** yaitu pupuk ditempatkan ke dalam lubang di samping tanaman sedalam 10-15 cm. Lubang tersebut dibuat dengan alat tugal. Kemudian setelah pupuk dimasukkan, lubang ditutup kembali dengan tanah untuk menghindari penguapan. Cara ini dapat dilakukan disamping kiri dan samping kanan baris tanaman atau sekeliling pohon. Jenis pupuk yang cocok diaplikasikan dengan cara ini adalah pupuk *slow release* dan pupuk tablet. **Fertigasi** yaitu pemberian pupuk dengan cara dilarutkan dalam air dan disiramkan pada tanaman melalui air irigasi. Lazimnya, cara ini dilakukan untuk tanaman yang pengairannya menggunakan sistem irigasi tetes (*drip irigatian*), irigasi curah (*sprinkle irrigation*) atau penanamannya dengan sistem hidroponik.

Selain itu, dalam praktek perlu juga diketahui istilah-istilah khusus yang sering digunakan terkait dengan pupuk, yaitu:

1. **Mutu pupuk** atau ***grade fertilizer***, yaitu angka yang menunjukkan kadar hara tanaman utama (N, P, dan K) yang dikandung oleh pupuk yang dinyatakan dalam prosen N total, P_2O_5 dan K_2O. Misalnya pupuk Rustika



Gambar 27. Pemberian pupuk dengan cara sebar

Yellow 15-10-12 berarti kadar N 15%, P_2O_5 10% dan K_2O 12%.

2. **Perbandingan pupuk** atau *ratio fertilizer*, yaitu perbandingan antara unsur N, P dan K yang dinyatakan dalam N total, P_2O_5 dan K_2O yang merupakan penyederhanaan dari *grade ferilizer*. Misalnya grade fertilizer 16-12-20 berarti ratio fertilizernya 4:3:5.
3. ***Mixed ferilizer* atau pupuk campur**, yaitu pupuk yang berasal dari berbagai pupuk yang kemudian dicampur oleh pemakainya. Misalnya pupuk Urea, TSP dan KCl dicampur menjadi satu dengan perbandingan tertentu sesuai dengan mutu yang diinginkan. Hal ini berbeda dengan pupuk majemuk yaitu pupuk yang mempunyai dua atau lebih hara tanaman dibuat langsung dari pabriknya.

Bahan pupuk yang paling awal adalah kotoran hewan, sisa pelapukan tanaman dan arang kayu. Pada masa silam, kebanyakan pupuk merupakan bahan organik buangan, seperti pupuk kandang, sisa-sisa tanaman, darah dan sisa-sisa ikan. Pemakaian pupuk kimia kemudian berkembang seiring dengan ditemukannya deposit garam kalsium di Jerman pada tahun 1839. Dalam pemilihan pupuk perlu

diketahui terlebih dahulu jumlah dan jenis unsur hara yang dikandungnya, serta manfaat dari berbagai unsur hara pembentuk pupuk tersebut. Umumnya pada kemasan pupuk yang diberi label terdapat petunjuk jenis dan unsur hara yang dikandung. Kadangkala petunjuk pemakaiannya juga dicantumkan pada kemasan. Karena itu, sangat penting untuk membaca label kandungan pupuk sebelum memutuskan untuk membelinya. Selain menentukan jenis pupuk yang tepat, perlu diketahui juga cara aplikasinya yang benar, sehingga takaran pupuk yang diberikan dapat lebih efisien. Kesalahan dalam aplikasi pupuk akan berakibat pada terganggunya pertumbuhan tanaman. Bahkan unsur hara yang dikandung oleh pupuk tidak dapat dimanfaatkan tanaman.

6.4.2. Pemupukan

Pemupukan dilakukan untuk mencukupi kebutuhan unsur hara bagi tanaman. Pada pertanian konvensional (dilakukan pada hamparan lahan), pemupukan lebih merujuk pada mencukupi atau mengganti unsur hara yang telah hilang. Pemupukan secara umum bertujun untuk:

1. Meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman
2. Meningkatkan kualitas hasil tanaman
3. Mempertahankan kesuburuan tanah, karena setiap pemupukan tidak semua unsur hara terambil oleh tanaman atau hilang dari tanah, yang berarti sebagai cadangan bagi tanaman selanjutnya.
4. Mengurangi bahaya erosi, karena akibat pemupukan terjadi pertumbuhan vegetatif lebih baik, tanah tertutup oleh vegetasi dan tidak terkena pukulan langsung curah hujan.

Usaha pemupukan tidak akan mencapai tujuan dan sasaran apabila:

1. Tanaman yang kita pupuk tidak memberikan respon terhadap pemupukan.
2. Unit agronomi tidak menjamin ketersediaan unsur tumbuh yang cocok bagi tanaman, seperti ketersediaan air dan cahaya.

3. Unsur hara yang kita tambahkan melalui pemupukan hilang karena hanyut di permukaan tanah (erosi) atau hanyut ke lapisan tanah yang lebih dalam (perkolasi) dan hanyut ke petakan sebelah (*leaching*) sehingga tidak tejangkau oleh akar tanaman, atau diikat oleh senyawa lain sehingga tidak tersedia bagi tanaman.

Untuk mengurangi hilangnya pupuk dari tanah, ditanggulangi dengan usaha-usaha antara lain melakukan rotasi tanaman, pemupukan dengan pupuk organik dan menerapkan cara pemupukan secara tepat.

Rotasi tanaman adalah praktik penanaman berbagai jenis tanaman secara bergiliran di satu lahan. Rotasi tanaman terutama dengan jenis polong-polongan dapat meningkatkan kesuburan tanah karena melalui rotasi, jenis hara yang terambil tidak sama bahkan tanaman rotasi mampu memberikan hara bagi tanah melalui sistem fiksasi. Disaming itu, melalui rotasi memperkecil erosi tanah. Penambahan bahan organik dapat mengurangi hilangnya pupuk dari tanah karena bahan organik tanah merupakan salah satu bahan pembentuk agregat tanah yang mempunyai peran sebagai bahan perekat antar partikel tanah untuk bersatu menjadi agregat tanah sehingga dengan adanya bahan organic unsur hara pupuk tidak hilang.

Selain itu, ada lima faktor yang mempengaruhi keberhasilan pemupukan agar tanaman dapat tumbuh dengan optimal. Dalam istilah pemupukan hal tersebut dinamakan **5 (lima) tepat pemupukan**, yaitu:

1. **Tepat jenis**, yaitu jenis pupuk disesuaikan dengan unsur hara yg dibutuhkan tanaman. Misalnya pada pemupukan padi, jika tanaman kekurangan N (bisa dilihat dari hasil analisis tanah atau analisis jaringan tanaman) maka harus dipupuk nitrogen (bisa urea atau jenis pupuk N yang lain), dan jika kekurangan unsur P maka perlu diberikan pupuk SP36 atau pupuk lain yang mengandung unsur P. Apabila jenis pupuk yang digunakan salah, maka respon pemupukan tidak mengenai sasaran.
2. **Tepat dosis**, yaitu jumlah pemberian pupuk per satuan luas per satuan waktu harus tepat takarannya, disesuaikan dengan jumlah unsur hara yang dibutuhkan

tanaman sesuai fase pertumbuhan tanaman. Untuk tanaman semusim diperhitungkan untuk seluruh hidupnya, untuk tanaman tahunan dipertimbangkan setahun atau semusim, sedangkan untuk tanaman dalam wadah diperhitungkan per jumlah media tertentu (satu drum, satu pot, satu lonjor, dan lain sebagainya). Umumnya anjuran dosis pemberian tertera pada label pupuk. Pemberian dosis yang salah menyebabkan ketidakefisienan pemupukan, bahkan menyebabkan kerusakan pada tanaman. Tepat dosis dimaksudkan agar dosis yang kita berikan ke tanaman tidak sampai terlalu sedikit ataupun terlalu banyak. Apabila dosis yang berikan terlalu sedikit, maka tanaman masih kekurangan unsur hara sedangkan sebaliknya dosis terlalu banyak menyebabkan pupuk bisa saja menjadi toksik bagi tanaman itu sendiri.

3. **Tepat waktu**, yaitu waktu pemupukan harus sesuai dengan saat kebutuhan hara/ umur tanaman dan kondisi iklim/cuaca. Waktu pemberian bisa sekaligus atau terbagi (*split application*) sebagai pupuk dasar dan pupuk susulan. Waktu pemupukan bisa sebelum penanaman, saat tanam dan/atau setelah tanam, pada fase vegetatif dan/atau fase generatif, pada pagi atau sore hari.
4. **Tepat tempat**, pemupukan harus memperhatikan tempat atau lokasi pemberian pupuk, apakah di daun atau di akar/tanah. Kalau di tanah, berapa kedalaman atau jaraknya dari pangkal akar agar mudah diserap tanaman dan pupuk tidak hilang. Artinya, pemupukan yang baik harus memperhatikan peletakan pupuk pada tanaman.
5. **Tepat cara**, yaitu cara mengaplikaskan pupuk harus disesuaikan antara lain dengan bentuk fisik dan sifat pupuk, jenis tanaman, dan kondisi lahan. Misalnya, cara sebar di permukaan tanah (*broad casting*) bisa secara manual dengan tangan, atau bisa dengan alat mesin (traktor). Pilhan cara bisa dengan system alur (*band placement*), disamping tanaman (*side dressing*), atau ditebar pada saat sudah ada tanaman (*top dressing*) dan sebagian pupuk dapat terkena pucuk tanaman. Cara tugal

dipilih untuk memisahkan pupuk yang tidak boleh dicampur, atau untuk efisiensi penggunaan pupuk. Jadi, cara pemupukan harus tepat pada sasaran yang ingin dipupuk, seperti pemberian pupuk harus berada didalam radius daerah perakaran tanaman, sebelum dilakukan pemupukan areal pertanaman harus bersih dari gulma, cara menyemprot, cara menugal atau membenamkan pupuk juga harus tepat. Cara pemberian pupuk yang salah akan membuat pupuk terbuang sia-sia ataupun tercuci oleh air sehingga tidak dapat ditangkap langsung oleh tanaman.

6.4.2.1. Pemupukan Anorganik

a. Pemupukan Nitrogen

Pupuk nitrogen setelah diaplikasikan pada media tanam, diserap oleh hampir semua tanaman dalam **bentuk nitrat (NO_3^-)** atau **amonium (NH_4^+)**. Ion nitrat dan amonium dalam tanah jumlahnya bergantung pada jumlah pupuk yang diberikan dan kecepatan dekomposisi bahan tanah. Pada padi sawah, lebih baik digunakan pupuk berbentuk amonium (NH_4^+) karena pada tanah yang tergenang, nitrogen mudah berubah menjadi gas N_2. Umumnya pupuk dengan kadar N yang tinggi dapat membakar daun tanaman sehingga pemakaiannya perlu lebih hati-hati.----- Beberapa jenis pupuk N yang banyak beredar dipasaran dengan persentase kandungan nitogrennya masing-masing seperti pada Tabel 8.

Manfaat pemupukan nitrogen sebagai berikut:

1. Meningkatkan pertumbuhan vegetatif, merangsang pertunasan, menambah tinggi tanaman, dan warna daun menjadi lebih hijau.
2. Pengisian biji pada tanaman biji-bijian lebih baik.
3. Mempertinggi kandungan protein.
4. Mempertinggi kemampuan tanaman untuk menyerap unsur hara lain, seperti phsofor, kalium, magnesium, dan lain-lain.
5. Mengaktifkan pertumbuhan mikroba agar proses penghancuran/dekomposisi bahan organik berjalan lancar.

Tabel 8. Macam-macam pupuk nitrogen

No.	Nama Pupuk dan rumus kimia	Kandungan N (%)	Keterangan
1.	Urea/$(CO(NH_2)_2$	46	Kandungan N yang tinggi menyebabkan pupuk ini sangat higroskopis, berbentuk butiran, mudah larut dalam air, bereaksi cepat, dan mudah menguap dalam bentuk amonia.
2.	Kalsium Nitrat/ $Ca(NO_3)_2$	15,5	Berbentuk butiran, berwarna putih, sangat cepat larut didalam air, dan sebagai sumber kalsium yang sangat baik karena mengandung 19% Ca. Sifat lainnya adalah bereaksi basa dan higroskopis.
3.	ZA/Amonium Sulfat/$(NH_4)_2 SO_4$	21	Disamping mengandung 21% nitrogen (N) juga mengandung 24% sulfur (S), berbentuk kristal dan kurang higroskopis, reaksinya agak lambat sehingga cocok untuk pupuk dasar. Sifat reksinya asam, sehingga tidak disarankan untuk tanah ber-pH rendah. Untuk tanaman yang diharapkan kadar proteinnya tinggi sebaiknya digunakan pupuk ZA karena senyawa protein mengandung unsur S sehingga pemberian S berperanan dalam pembentukan protein.
4.	Amonium Nitrat/ NH_4NO_3	33	Bersifat higroskopis sehingga tidak dapat disimpan lama dan dapat membakar tanaman jika diberikan terlalu dekat dengan akar atau langsung kontak dengan daun. Ketersediaan bagi tanaman sangat cepat sehingga frekuensi pemberiannya harus lebih sering.
5.	Diamonium Fosfat/$(NH_4)_2$ HPO_4	18	Pupuk majemuk buatan, berbentuk butiran, sebagai sumber hara nitrogen dan fosfat, dengan kandungan P 46%.
6.	Amonium klorida/NH_4Cl	26	Berupa garam kristal putih yang sangat mudah larut dalam air, cocok untuk tanaman yang memerlukan unsur Cl, dan lebih asam dari pupuk ZA.

Sumber: dihimpun dari berbagai sumber.

Walaupun pemupukan nitrogen memberikan banyak manfaat bagi pertumbuhan dan produksi tanaman, tetapi terlampau banyak nitrogen mengakibatkan:

1. Pertumbuhan vegetatif terlalu giat (dominasi vegetatif) sehingga menghambat pembungaan, pembentukan dan pemasakan buah atau biji.
2. Tanaman lemah dan mudah rebah.
3. Kualitas hasil pada tanaman biji-bijan rendah.
4. Tanaman menjadi peka terhadap penyakit.

Sebaliknya, tanaman yang kekurangan nitrogen menyebabkan:

1. Tanaman kerdil
2. Perkembangan akar terhambat.
3. Daun-daun tanaman menjadi kekuning-kuningan dan mudah rontok.

Kegiatan pemupukan berhubungan erat dengan sifat kimia tanah. Dengan mengetahui sifat kimia tanah, khususnya kadar atau persentase unsur hara dalam tanah akan didapat gambaran tentang kesuburan tanah sekaligus juga jenis dan jumlah pupuk yang dibutuhkan.

Kesuburan tanah biasanya dinilai pada kedalaman 0-30 cm (lapisan top soil) dan kriteria persentase unsur hara yang dikandung dihitung berdasarkan berat tanah. Untuk unsur hara nitrogen, persentase N tanah digolongkan rendah apabila d" 0,2%, sedang apabila 0,2-0,5% dan tinggi apabila e" 0,5%. Kriteria penilaian tersebut ditentukan oleh para ahli tanah, dan besarannya relatif untuk suatu daerah tertentu. **Kebutuhan pupuk dapat dihitung dengan rumus**: 100 dibagi persentase kandungan hara pupuk dikalikan dosis rekomendasi. Berdasarkan atas kriteria dan perhitungan kebutuuhan pupuk tersebut, berikut diberikan contoh pemupukan nitrogen pada tanaman kelapa:

1. Hasil survey tanah menunjukkan angka N-total tanah di unit agronomi suatu perkebunan kelapa sebesar 1,7 g/kg tanah, atau =0,17% sehingga tergolong rendah.
2. Untuk 1 ha pertanaman kelapa (populasinya 124 pohon) pupuk yang diperlukan terdiri atas 70 kg N, 30 kg P_2O_5, 137 kg K_2O, 17 kg CaO, dan 32 kg MgO.
3. Perakaran kelapa yang efektif diperkirakan sedalam 50 cm. Apabila berat jenis tanah pada pertanaman kelapa tersebut 0,9 maka untu 1 ha tanah, terdapat berat tanah 10.000 x 0,5 x 0,9 ton = 45 x 10^5 kg.
4. N total tanah itu adalah = 45 x 10^5 x 1,7 g = 765 x 10^4 g = 7650 kg.
5. Diketahui N yang dapat tersedia (N available) dari N total yang ada pada tanah itu ± 0,15%, sehingga N available = 0,15% x 7650 kg = 11,5kg.

6. N yang perlu diberikan untuk tanaman kelapa tersebut = 70 kg – 11,5 kg = 58,5 kg.
7. Pupuk urea yang diperlukan = 100/46 x 58,5 kg = 127,17 kg urea/ha.

Berdasarkan rumus kebutuhan pupuk = 100 dibagi persentase kandungan hara pupuk dikalikan dosis rekomendasi, berikut diberikan contoh cara menghitung pemberian pupuk tunggal dan pupuk majemuk.

a. Contoh penghitungan pupuk tunggal

- dosis rekomendasi pupuk untuk tanaman jagung per hektar:
  - 135 kg N
  - 36 kg P_2O_5
  - 60 kg K_2O.
- Pupuk yang tersedia untuk memupuk dan kandungannya:
  - Urea = 46% N
  - SP36 = 36% P_2O_5
  - KCl = 60% K_2O.
- Kebutuhan pupuk tanaman jagung:
  - N = 100/46 x 135 kg = 293,48 kg.
  - P = 100/36 x 36 kg = 100 kg.
  - K = 100/60 x 60 kg = 100 kg.

b. Contoh penghitungan pupuk majemuk

- Dosis rekomendasi pupuk untuk tanaman jagung per hektar:
  - 135 kg N
  - 36 kg P_2O_5
  - 60 kg K_2O.
- Pupuk yang tersedia untuk memupuk adalah pupuk majemuk NPK (15:15:15) dan pupuk tunggal.
- Langkah perhitungan kebutuhan pupuk:
  - Karena kandungan unsur hara NPK dalam pupuk majemuk sama (15-15-15), pilihlah dosis rekomendasi yang terkecil untuk menghitung kebutuhan pupuk majemuk. Dalam hal ini adalah

dosis P_2O_5 yaitu 36 kg/ha. Dengan demikian maka kebutuhan pupuk majemuk = 100/15 x 36 kg = 240 kg.

- Setelah itu, hitung kebutuhan unsur lain (N dan K) yang sudah terpenuhi dari pupuk majemuk.

- Unsur N = 15/100 x 240 kg = 36 kg.
- Unsur K = 15/100 x 240 kg = 36 kg.
- Hitung kekurangan unsur hara dari dosis rekomendasi yang belum terpenuhi.
- Unsur N = 135 kg -- 36 kg = 99 kg.
- Unsur K_2O = 60 kg – 36 kg = 24 kg.
- Hitung kekurangan pupuk dengan pupuk tunggal.
- Unsur N (bila yang digunakan urea) = 100/46 x 99 kg = 215,21 kg urea.
- Unsur K_2O (bila yang digunakan KCl = 100/60 x 24 kg = 40 kg KCl.
- Kesimpulan: dari perhitungan di atas maka tanaman jagung kita harus dipupuk dengan 240 kg pupuk majemuk NPK (15-15-15) serta 215,21 kg urea dan 40 kg KCl.

b. Pemupukan Fosfor

Unsur fosfor (P) berperan penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman, karena fosfor termasuk unsur hara makro esensial. Namun demikian, kandungannya lebih rendah dibandingkan unsur N, K, dan Ca. Konsentrasi P dalam tanaman umumnya berkisar antara 0,1-0,4%. Unsur P terdapat dalam seluruh sel hidup tanaman yang menyusun jaringan tanaman seperti asam nukleat, asam deoksi-ribonukleat, fosfolipid, dan fitin. Tanaman menyerap P dari larutan tanah dalam bentuk ion fosfat, terutama ion $H_2PO_4^-$ dan HPO_4^{-2}. Untuk ion $H_2PO_4^-$ lebih banyak dijumpai pada tanah yang lebih masam sedangkan ion HPO_4^{-2} pada pH yang lebih tinggi (kemasamannya lebih rendah, tetapi masih pada kisaran < 7).

Tanah pertanian di kawasan tropika termasuk di Indonesia umumnya mempunyai kandungan fosfor yang rendah. Disamping rendahnya kandungan fosfar dalam larutan tanah, sifat unsur ini juga mudah terikat (terfiksasi)

oleh unsur lain sehingga menyebabkan walaupun sesungguhnya fosfor ada dalam tanah tetapi kondisinya menjadi tidak tersedia (*unavailable*) bagi tanaman. Pada tanah masam (pH < 7) P terfiksasi oleh unsur Al dan Fe dalam bentuk Al-P dan Fe-P, sedangkan pada tanah basa (pH > 7) P terfiksasi oleh Ca dan Mn menjadi Ca-P dan Mn-P. Adanya pengikatan-pengikatan P tersebut menyebabkan pupuk P yang diberikan menjadi tidak efisien. Oleh karena itu, dalam pemupukan P disamping mempehitungkan menambah kecukupannya kita juga harus mengingat kondisi tanah agar P yang kita berikan tetap ada dalam larutan tanah (tidak terfiksasi) sehingga bisa diserap oleh tanaman.

Kondisi fosfat tanah oleh para ahli dikatagorikan berdasarkan kriteria kandungan P_2O_5 rendah, sedang dan tinggi. Tanah dikatagorikan memiliki fosfat rendah apabila kandungan P_2O_5 tersedia < 140 ppm (*part per million*), sedang bila kandungan P_2O_5 tersedia antara 140-180 ppm, dan tinggi bila > 180 ppm.

Cara pemberian pupuk P agar tersedia (*available*) bagi tanaman harus dilakukan dengan baik, seperti dilakukan pada kondisi pH tanah sedang (*intermediate*), diberikan pada awal tanam (untuk tanaman semusim) atau pada awal siklus pertumbuhan/setelah panen (untuk tanaman tahunan) karena pupuk ini lambat tersedia sehingga ada kesempatan bagi tanaman untuk mengambilnya sewaktu P sudah dalam keadaan tidak terfiksasi, dan mempertimbangkan jenis pupuk fosfat yang diberikan karena ada jenis yang lambat larut dalam air misalnya $Ca_3(PO_4)_3$ dan $Fe_3(PO_4)_2$ dan ada yang agak cepat larut dalam air yaitu ammonium fosfat $(NH_4)_2PO_4$. Macam-macam pupuk fosfat dan kadungan hara fosfornya seperti pada Tabel 9.

Manfaat pupuk fosfat adalah:

1. Meningkatkan pembentukan sel-sel, lemak dan albumin.
2. Memperbaiki pembungaan, pembuahan dan pembentukan benih.
3. Memprcepat pemasakan buah sehingga dapat mengatasi pengaruh negatif dari pupuk nitrogen.

4. Meningkatkan pertumbuhan perakaran terutama akar lateral dan sekunder.
5. Memperbaiki jerami sehingga mengurangi roboh.
6. Memperbaiki kualitas, khususnya tanaman rumput dan sayuran.
7. Meningkatkan ketahanan terhadap penyakit.

Tabel 9. Macam-macam pupuk fosfat

No.	Nama Pupuk dan rumus kimia	Kandungan P (%)	Keterangan
1.	SP36 (Super Fosfat)/ $Ca(H_2PO_4)_2$	36% P_2O_5	Terbuat dari fosfat alam, berbentuk butiran dan berwarna abu-abu. Sifatnya agak sulit larut dalam air dan bereaksi lambat sehingga selalu digunakan sebagai pupuk dasar. Reaksi kimianya tergolong netral, tidak higroskopis dan bersifat membakar
2.	Tripel Superfosfat/ TSP/ $Ca(H_2PO4_2)$	45%P_2O_5	Warna abu-abu, berbentuk butiran, dibuat dari apatit dan asam fosfat.
3.	Diamonium Fosfat/ $(NH_4)_2HPO_4$	46% P_2O_5	Berbentuk butiran, dismaping mengandung P dalam bentuk P_2O_5 46% juga mengandung Nitrogen (N) 18%, dengan warna hitam atau abu-abu, tidak higroskopis, mudah larut dalam air, bebas dari debu dan tidak lengket sehingga mudah untuk diaplikasikan.

Sumber: dihimpun dari berbagai sumber.

Kekurangan pupuk fosfor mnyebabkan daun tua menjadi keunguan cenderung kelabu, tepi daun cokelat , tulang daun muda berwarna hijau gelap, pertumbuhan daun kecil, kerdil, dan akhirnya rontok, pertumbuhan menjadi lambat dan tanaman kerdil. Sedangkan k**elebihan** menyebabkan penyerapan unsur lain terutama unsur mikro seperti besi (Fe), tembaga (Cu), dan seng (Zn) terganggu. Namun gejalanya tidak terlihat secara fisik pada tanaman.

c. Pemupukan Kalium

Kalium (jenis hara yang mempunyai tingkat mobilitas sangat tinggi dalam berbagai jenis pupuk K yang telah tersedia di pasaran. Contoh macam-macam pupuk kalium dan kadungan hara kaliumnya seperti pada Tabel 10.

Tabel 10. Macam-macam pupuk kalium

No.	Nama Pupuk dan rumus kimia	Kandungan K (%)	Keterangan
1.	Kalium Klorida/KCl	60% K_2O	Berbentuk bubuk atau serbuk, berwarna merah, bersifat higroskopis, mudah larut dalam air dan mudah diserap tanaman, reaksinya netral sampai asam, unsur kloridanya bersifat toksik (racun) bagi tanaman tertentu seperti wortel dan kentang, dapat digunakan sebagai pupuk dasar atau pupuk susulan, dan dibuat dari ekstraksi mineral kalium
2.	ZK (Zwavelzure Kali/Kalium Sulfat/K_2SO_4	50% K_2O	Selain mengandung 50% K2O juga mengandung 17% S (sulfur), berbentuk butiran kecil atau serbuk, warnanya putih, bersifat tidak higroskopis, sehingga dapat disimpan lama, mudah larut dalam air, reaksinya netral sampai asam, dapat digunakan sebagai pupuk dasar atau pupuk susulan, dibuat dari asam belerang dan kalium.
3.	NPK PHONSKA/ Nitrogen Phospate Kalium	15% K_2O	NPK Phonska merupakan pupuk majemuk mengandung 15% N, 15% P_2O_5, 15% K_2O, dan 10% S, berentuk butiran dan bewarna merah muda, bersifat higroskopis (mudah menyerap uap air), sehingga mudah larut dalam air dan mudah diserap tanaman, reaksi kimianya netral sehingga bisa diaplikasikan pada berbagai jenis tanah, dapat digunakan sebagai pupuk dasar atau pupuk susulan.
4.	Kalium Nitrat/ KNO_3	44% K_2O	Dismaping mengandung 44% K_2O juga mengandung 13% N, berbentuk butiran berwarna putih, tidak bersifat higroskopis sehingga tanahn disimpan lama dengan reaksi yang netral.

Sumber: dihimpun dari berbagai sumber.

Unsur K bukan merupakan unsur penyusun jaringan tanaman, tetapi peran K bagi tanaman sangat penting yaitu dalam pembentukan pati, mengaktifkan enzim, pembukaan stomata, proses fisiologis dalam tanaman, pengaturan osmotik di dalam sel, sintesis asam amino dan protein, mempengaruhi penyerapan unsur-unsur lain, mempertinggi daya tahan terhadap kekeringan dan serangan penyakit, mengeraskan jerami dan meningkatkan kualitas buah-buahan

d. Pemupukan Hara Makro Sekunder

Pupuk sebagai sumber unsur hara makro sekunder mengandung Ca, Mg dan S, beik secara tunggal maupun majemuk. Beberapa pupuk anorganik sebagai sumber hara maskro sekunder yang beredar di pasaran antara lain dolomit, kalium magnesium sulfat, gipsum, dan bubuk belerang

Dolomit (kapur karbonat) dengan rumus kimia $CaMg(CO3)_2$ dan sering disebut kapur dolomit atau kapur pertanian adalah pupuk sebagai sumber calsium (Ca) dengan kandungan Ca 30% dan dikenal sebagai bahan untuk menaikkan pH (kemasaman) tanah. Pupuk ini juga mengandung Mg sebesar 19%. Secara fisik berbentuk butiran kasar sampai butiran halus/bubuk, berwarna putih keabu-abuan, bersifat higroskopis sehingga mudah menyerap air dan mudah dihancurkan. Kualitasnya sangat ditentukan oleh ukuran butiran, semakin halus butirannya semakin baik kualitasnya.

Kalium magnesium sulfat dengan rumus kimia $K_2SO_4.MgSO_4$ adalah salah satu pupuk yang menyediakan magnesium (Mg), disamping juga sebagai penyedia unsur K dan S. Kalium magnesium sulfat mengandung 30% K_2O, 12% S dan 12% MgO. Secara fisik, kalsium magnesium sulfat berbentuk butiran sampai butiran halus/bubuk berwarna kuning keputihan dan juga ada yang kristal pink. Berdasarkan keasaman, kalium magnesium sulfat merupakan pupuk netral dan memiliki pH 7 pada larutan 5%. Sifatnya agak sukar larut dalam air, selain untuk memperbaiki defisiensi Mg, pupuk ini juga bermanfaat untuk memperbaiki kejenuhan basa pada tanah asam.

Gypsum atau sering disebut kapur gipsum dengan rumus kimia $CaSO_4.2H_2O$ adalah pupuk yang mengandung 39% Ca dan 53% S, berbentuk bubuk dan berwarna putih. Pemakaiannya umumnya ditebarkan dalam sekali aplikasi. Jika terkena air, gypsum yang ditebarkan akan menggumpal dan mengeras seperti tanah liat (*cake*). Gypsum digunakan untuk menetralisir tanah yang terganggu karena kadar garam yang tinggi, misalnya pada tanah di daerah pantai. Aplikasi gypsum tidak banyak berpengaruh pada perubahan

pH tanah. Gypsum adalah batu putih yang terbentuk karena pengendapan air laut, disamping untuk pupuk gypsum juga dipergunakan dalam pembuatan semen, bahan bangunan, dan bahan dasar untuk pembuatan kapur, bedak, untuk cetakan alat keramik, tuangan logam, gigi dan sebagainya.

e. Pemupukan Mikro

Pemupukan dengan hara mikro sudah semakin berkembang di Indonesia. Pupuk sebagai sumber unsur hara mikro tersedia dalam dua bentuk, yaitu bentuk garam anorganik dan organik sintetis. Kedua bentuk tersebut sifatnya sama yaitu mudah larut dalam air. Contoh pupuk mikro yang berbentuk garam organik adalah Cu, Fe, Zn dan Mn yang seluruhnya bergabung dengan sulfat ($CuSO_4$, $FeSO_4$, $ZnSO_4$, dan $MnSO_4$.). Pupuk mikro sebagai sumber boron umumnya digunakan sodium tetra borat yang banyak digunakan sebagai pupuk daun, sedangkan sebagai sumber Mo umumnya digunakan sodium atau amonium molibdat. Bentuk organik sintetis ditandai dengan adanya agen pengikat unsur logam yang disebut *chelat*. Chelat adalah bahan kimia organik yang dapat mengikat ion logam seperti yang dilakukan oleh koloid tanah. Unsur hara mikro yang tersedia dalam bentuk *chelat* adalah Fe, Mn, Cu, dan Zn. Selain terdapat dalam dua bentuk diatas, unsur hara mikro juga disediakan oleh pupuk majemuk yang beredar di pasaran. Pupuk *slow release* dan pupuk daun umumnya juga dilengkapi dengan satu atau lebih unsur mikro.

Faktor-faktor yang menyebabkan tanaman mengalami defisiensi unsur hara mikro, antara lain yaitu karena pengurasan hara oleh tanaman dan terangkut melalui panen, penggunaan pupuk makro secara intensif, kehilangan hara tanah karena erosi dan *leaching* akibat penerapan pertanian intensif, dan semakin meningkatnya pengetahuan manusia dalam mendiagnosis gejala defisiensi. Tanah yang secara terus menerus dieksploitasi dengan penanaman tanpa menambah unsur-unsur makro dan mikro, akan mengalami kemunduran, karena unsur haranya ikut terpanen bersamaan dengan tanaman yang dipanen. Oleh karena itu, selain menambah unsur makro, maka unsur mikropun wajib

ditambahkan disaat mulai persiapan penanaman dan masa pemeliharaan tanaman. Untuk mengatasi kekurangan hara mikro dilakukan pemupukan dengan pupuk mikro, bisa dalam bentuk padatan atau larutan. Karena jumlah yang dibutuhkan sedikit, umumnya pupuk mikro sering diberikan lewat daun. Menurut **Marschner (2012)** jumlah unsur hara mikro yang dibutuhkan tergantung dari jenis tanaman, umur tanaman, kondisi tanah setempat, dan lain-lain. Di bawah ini disebutkan beberapa contoh ukuran kebutuhan hara mikro pada tanaman secara umum, yaitu besi (Fe) 30 g/ton berat kering tanaman, klor (Cl) 30 g/ton berat kering tanaman, mangan (Mn) 15 g/ton berat kering tanaman, boron (Bo) 6 g/ton berat kering tanaman, seng (Zn) 6 g/ton berat kering tanaman, tembaga (Cu) 1,8 g/ton berat kering tanaman, dan molybdenum (Mo) 0,03
g/ton berat kering tanaman.

6.4.2.2. Pemupukan Organik

Pupuk organik merupakan pupuk yang berasal dari sisa-sisa bahan tanaman, kotoran hewan, dan pupuk hijau. Unsur hara dari pupuk organik akan tersedia setelah sisa bahan tanaman dan kotoran hewan tersebut mengalami pelapukan atau proses pembusukan oleh mikroorganisme. Pupuk organik dapat berbentuk padat atau cair yang digunakan untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Kandungan unsur hara yang terdapat di dalam pupuk organik jauh lebih kecil daripada dalam pupuk buatan. Cara aplikasinya juga lebih sulit karena pupuk organik dibutuhkan dalam jumlah yang lebih besar daripada pupuk kimia sehingga tenaga kerja yang diperlukan lebih banyak. Namun, hingga sekarang pupuk organik tetap digunakan karena fungsinya belum tergantikan oleh pupuk buatan. Jenis pupuk organik yang banyak dikenal yaitu pupuk kompos, pupuk hijau dan pupuk kandang. Beberapa manfaat penting dari pemupukan dengan pupuk organik, yaitu:

1. Menyediakan unsur hara makro dan mikro meskipun dalam jumlah kecil.

2. Memperbaiki granulasi tanah sehingga meningkatkan kualitas aerasi, drainase, dan kemampuan tanah dalam menyimpan air.
3. Mengandung asam humat (humus) yang mampu meningkatkan kapasitas tukar kation tanah.
4. Meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah.
5. Pada tanah asam, penambahan pupuk organik dapat membantu meningkatkan pH.

a. Pupuk Kompos.

Pupuk kompos dibuat atau hasil pembusukan sisa-sisa tanaman yang disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme pengurai. Kualitas kompos ditentukan oleh besarnya perbandingan antara jumlah karbon (C) dan nitrogen (N) yang disebut dengan C/N ratio. Jika C/N rasio kompos tinggi, berarti bahan penyusun kompos belum terurai secara sempurna atau kompos masih belum matang. Kualitas kompos dianggap baik jika memiliki C/N rasio antara 12-15. Bahan kompos seperti sekam, jerami padi, batang jagung dan serbuk gergaji memiliki C/N rasio antara 50-100, sedangkan daun segar memiliki C/N rasio sekitar 10-20. Bahan-bahan tersebut dalam proses pengomposan C/N rasionya kemudian menurun hingga 12-15, yang tercapai ketika proses penguraian telah sempurna. Kandungan unsur hara dalam kompos sangat bervariasi tergantung dari jenis bahan asal yang digunakan dan cara pembuatan kompos. Ciri fisik kompos yang baik berwarna cokelat kehitaman, agak lembab, gembur dan bahan pembentuknya sudah tidak tampak lagi. Penggunaan dosis tertentu pada pupuk kompos lebih berorientasi untuk memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah daripada untuk menyediakan unsur hara.

b. Pupuk Hijau

Pupuk hijau (*green manure*) adalah bagian tanaman yang masih hidup (sisa panen/limbah pertanian, tanaman penutup tanah/*cover* crop, dan lain-lain) yang dimasukkan ke dalam tanah. Walaupun perkembangan pembuatan pupuk saat ini sudah sangat maju dengan memanfaatkan teknologi nano (proses rekayasa pembuatan dan penggunaan materi/

partikel berukuran sangat kecil/*nano* yang memiliki sifat yang unik dan berbeda dengan materi asal), namun dalam dunia pertanian pupuk hijau tetap popular sebagai sumber bahan organik potensial mengingat lahan pertanian telah mengalami degradasi, disebabkan oleh hilangnya bahan organik dalam tanah karena penggunaan pupuk kimia secara massif. Pupuk hijau memiliki C/N rendah sehingga dapat cepat terurai bagi kebutuhan tanaman. Beberapa jenis tanaman yang biasa dijadikan sumber pupuk hijau antara lain:

1. **Sisa tanaman produksi,** pada saat panen tidak semua biomasa tanaman diangkut untuk dijual tetapi sebagian ditinggal di lahan dan dibiarkan terurai sebagai pupuk hijau.
2. **Tanaman pagar,** yaitu tanaman yang ditanam di sela-sela tanaman inti atau tanaman lorong antar bedengan tanaman utama. Tanaman yang cocok dijadikan tanaman pagar sebagai sumber pupuk hijau antara lain jenis tanaman legume seperti lamtoro (*Leuceana leucephala*), gamal (*Gliricidia sepium*) dan kaliandra (*Caliandra callothyrsus*).
3. **Tanaman penutup tanah,** ditanam pada masa bera atau masa ketika lahan tidak digunakan dan tanaman yang ditanam berdampingan dengan tanaman inti, kemudian dipanen dan dibenamkan ke tanah. Beberapa tanaman penutup tanah yang cocok dijadikan sebagai sumber pupuk hijau antara lain kacang tunggak (*Vigna sinensis*) dan kakacangan (*Arachis pintol*).
4. **Tanaman liar,** yaitu tanaman yang tumbuh liar disekitar lahan pertanian dan biomassanya dimanfaatkan sebagai pupuk hijau. Contoh tanaman liar yang biasa dijadikan sebagai sumber pupuk hijau antara lain kipait atau paitan (*Tithonia diversifolia*), babadotan atau wedusan (*Ageratum conyzoides*), dan azolla (*Azolla sp).*

Penggunaan pupuk hijau membantu lingkungan mempertahankan siklus ekologinya, karena pada saat panen sebagian biomassa tetap berada di lahan dan dipergunakan lagi untuk musim tanam berikutnya. Dengan demikian asupan luar dalam produksi pertanian bisa ditekan serendah

mungkin sehingga sangat mendukung pengembangan pertanian dengan input luar randah (*Low External Input Sustainable Agriculture/LEISA*). Tujuan pemberian pupuk hijau, yaitu:

1. Mempertinggi kandungan bahan organik dalam tanah, sebagai pengganti yang telah habis diserap oleh tanaman sebelumnya.
2. Mengurangi hanyutnya hara (*leaching*) selama periode kosong antara 2 obyek agronomi yang dikelola.
3. Mengurangi erosi vertical karena pupuk hijau mampu mempertahankan/mengurangi hilangnya air yang perkolasi ke bagian bawah tanah.
4. Menambah nitrogen apabila yang dijadikan pupuk hijau adalah legumes.

Dalam pemupukan hijau harus diperhatikan lama waktu penghancuran bahan organik dari pupuk hijau, agar hara yang terurai dari pupuk hijau tersebut tersedia pada saat yang tepat diperlukan oleh tanaman yang kita pupuk. Makin muda umur dari pupuk hijau yang dibenamkan, makin cepat proses jasad renik menghancurkan bahan-bahan itu. Jasad renik memerlukan energi untuk menghancurkan dan hal itu didapat dari pupuk hijau yang dihancurkan. Pupuk hijau dengan kandungan protein (N) tinggi lebih mudah dicerna dibandingkan dbahan yang mengandung selulosa atau lignin tinggi.

c. Pupuk Kandang

Pupuk kandang merupakan pupuk oragnik yang berasal dari sisa (kotoran) hewan. Kualitas pupuk kandang sangat dipengaruhi oleh faktor jenis ternak, jenis/kualitas pakan ternak, sistem pemelihaaan, kandungan bahan lain (jenis alas kandang dan sisa makanan yang belum dicerna), cara penampungan dan metode pengolahan pupuk kandang.

Sebelum dimanfaatkan tanaman, pupuk kandang terlebih dahulu mengalami proses mineralisasi/pelapukan dengan bantuan mikro organisme pengurai. Dalam proses pelapukan, suhu bisa meningkat sampai mencapai ± 75 ^{o}C sehingga apabila yang diberikan adalah pupuk kandang yang belum matang sempurna akan berakibat buruk bagi

tanaman. Ciri-ciri pupuk kandang yang baik dapat dilihat secara fisik atau kimiawi. Ciri fisiknya, berwarna cokelat kehitaman, cukup kering, tidak menggumpal, dan tidak berbau menyengat, sedangkan iri kimiawinya C/N rasionya rendah dan temperaturnya relatif stabil. Pupuk kandang dari ayam atau unggas memiliki unsur hara yang lebih besar daripada jenis ternak lain, karena kotoran padat pada unggas tercampur dengan kotoran cair/urienenya. Umumnya kandungan unsur hara pada urine selalu lebih tinggi dari pada kotoran padatnya.

Walaupun pupuk kandang tergolong kelompok pupuk organik, pemakaian pupuk kandang tetap harus berhati-hati. Kelebihan atau pemakaian pupuk kadang yang tidak berkualitas memberikan efek buruk bagi lingkungan dan merugikan pemakai. Kelebihan pupuk kandang akan menimbulkan pencemaran nitrat (NO_3^-) dan ammonia (NH_3^+) sehingga menyebabkan terjadinya eutrofikasi, sedangkan pupuk kandang yang tida berkualitas sering mengandung benih hama penyakit dan gulma serta tidak memberikan peningkatan pertumbuhan dan hasil tanaman.

6.4.2.3. Pupuk Hayati

Pupuk hayati (*biofertilizer*) adalah pupuk yang mengandung mikroorganisme hidup yang ketika diaplikasikan pada benih, permukaan tanaman, atau tanah, akan mendiami rizosfer atau bagian dalam dari tanaman dan mendorong pertumbuhan dengan meningkatkan pasokan nutrisi tertentu bagi tanaman. Pupuk hayati sering disebut **pupuk bio** atau **pupuk mikrobiologis**. Sebenarnya penyebutan nama pupuk untuk pupuk hayati kurang cocok, karena pupuk hayati tidak mengandung hara. Kandungan pupuk hayati adalah mikrooganisme yang ketika diaplikasikan akan membantu tanaman menambat hara tertentu atau menfasilitasi ketersediaan hara tertentu. Mikroba yang sering digunakan adalah jenis bakteri dan jamur, diantaranya *rhizobium, lactobacillus, streptomyces, micorhiza,* dan *aspergillus*. Mikroba tersebut mampu menambat N dari udara, malarutkan hara (P dan K), atau

menghasilkan hormon tumbuh yang merangsang pertumbuhan tanaman. Mikroba dari kelompok bakteri sering disebut dengan Plant Growt Promoting Rhizobacteria (PGPR).

Berdasarkan kandungan mikroorganismenya dikenal dua jenis pupuk hayati, yaitu pupuk hayati dengan mikroorganisme tunggal dan mikroorganisme majemuk. Pupuk hayati dengan mikroorganisme tunggal hanya mengandung satu jenis mikroba yang memiliki satu fungsi, semisal mikroba dari jenis *rhizobium* sebagai penambat nitrogen atau mikroba dari jenis fungi mikorhiza sebagai pelarut fosfat, sedangkan pupuk hayati dengan mikroorganisme majemuk memiliki lebih dari dua jenis mikroba. Pupuk hayati yang beredar di pasaran ada yang berbentuk cair, ada juga yang padat (tepung). Merek pupuk hayati yang berbentuk cair yang beredar dipasaran antara lain EM_4 dan M-Bio, sedangkan yang berbentuk padat antara lain evagrow.

Peran utama pupuk hayati dalam budidaya tanaman ada dua macam, yakni sebagai **pembangkit kehidupan tanah** (*soil regenerator*) dan sebagai **penyubur tanah** kemudian penyedia nutrisi bagi tanaman (*feeding the soil that feed the plant*). Mikroorganisme yang terdapat dalam pupuk hayati bekerja dengan cara:

1. Penambat atau pelarut hara yang berguna bagi tanaman seperti penambat N dari udara atau pelarut fosfat dan kalium.
2. Aktivitas mikroorganisme membantu memperbaiki kondisi tanah baik secara fisik, kimia maupun biologi.
3. Menguraikan sisa-sisa zat organik untuk dijadikan nutrisi tanaman.
4. Mengeluarkan zat pengatur tumbuh yang diperlukan tanaman
5. Menekan pertumbuhan organisme parasit tanaman melalui kompetisi sehingga kemungkinan tumbuh dan berkembangnya organisme patogen semakin kecil.

Pupuk hayati, pupuk organik, dan pupuk kimia adalah jenis pupuk yang berbeda. Namun saat ini telah berkembang kombinasi antara jenis pupuk yang satu dengan yang lain,

misalnya telah ada produk pupuk yang dipasarkan dengan nama pupuk NPK organik (pupuk kimia yang dikombinasikan dengan pupuk organik) atau pupuk bioorganik (kombinasi antara pupuk organik dengan pupuk hayati). Tetapi belum ada yang mengkombinasikan pupuk kimia dengan pupuk hayati, karena umumnya mikroba tidak tahan jika disatukan dengan pupuk kimia dalam konsentrasi tinggi.

Dalam Permentan Nomor 2 tahun 2006 disebutkan bahwa pupuk organik adalah pupuk yang berasal dari perombakan bahan-bahan alami seperti kotoran hewan, limbah panen, serasah, ranting, limbah industri pertanian dan lain sebagainya, sedangkan pupuk hayati secara definisi adalah nama untuk pupuk yang mengandung sekelompok mikroorganisme tanah. Dapat dikatakan salah satu perbedaan yang paling prinsip adalah bahan utamanya. Pupuk organik berasal dari sisa-sisa mahluk hidup, baik hewan maupun tumbuhan, sedangkan pupuk hayati mengandung mikroorganisme hidup yang dapat membantu tanaman memperoleh nutrisi. Perbedaan lainnya, pupuk organik diberikan untuk menambah atau meningkatkan kadar bahan organik (C-organik) dalam tanah, sedangkan pupuk hayati ditambahkan agar mikroorganisme-mikroorganisme yang terkandung didalamnya dapat menambat hara tertentu atau menfasilitasi ketersediaan hara lainnya. Dalam prakteknya bisa saja jenis pupuk organik tertentu mengandung mikroorganisme hidup, tetapi tidak semua pupuk organik yang mengandung mikroorganisme hidup dikatakan sebagai pupuk hayati, kecuali kondisi mikroorganismenya memenuhi syarat kualitas tertentu.

Beradasarkan Kementerian Pertanian, kualitas pupuk hayati dapat dilihat dari:

1. **Jumlah populasi mikroorganisme** hidup yang terdapat dalam pupuk hayati harus terukur. Bila jumlahnya kurang maka aktivitas mikroorganisme tidak akan memberikan pengaruh pada pertumbuhan tanaman.
2. **Jenis dan efektifitas mikroorganisme yang terkandung dalam pupuk hayati, karena** tidak semua

mikroorganisme memberikan pengaruh positif pada tanaman.

3. **Bahan pembawa (*carrier*) yang ber**fungsinya sebagai media tempat mikroorganisme tersebut hidup. Bahan pembawa harus memungkinkan organisme tetap hidup dan tumbuh selama proses produksi, penyimpanan, distribusi, hingga pupuk siap digunakan.
4. **Masa kadaluarsa,** sebagai mana mahluk hidup lainnya mikroorganisme tersebut memiliki siklus hidup. Apabila mikroorganisme dalam pupuk telah mati, pupuk tersebut tidak bisa dikatakan sebagai pupuk hayati. Untuk memperpanjang siklus hidup tersebut, produsen pupuk biasanya mengemas mikroorganisme tersebut dalam keadaan dorman. Sehingga perlu aktivasi kembali sebelum pupuk diaplikasikan pada tanaman. Pupuk yang benar seharusnya mencantumkan tanggal kadaluarsa dalam kemasannya.

6.5. Pupuk Hayati Mikoriza

Pupuk hayati mikoriza adalah pupuk hayati yang terbuat dari jamur mikoriza. Mikoriza adalah cendawan yang hidup berdasarkan hubungan simbiosis mutualisme antara cendawan (*myces*) dengan perakaran (*rhiza*) tanaman tingkat tinggi. Mikoriza menginfeksi akar tanaman tetapi tidak menyebabkan luka dan tidak berbahaya, bahkan terjadi proses timbal balik yang saling menguntungkan. Tanaman inang memperoleh hara dari mikoriza sedangkan mikoriza memperoleh karbohidrat atau bahan makanan dari tanaman inang (Finlay, 2008; Zasvari *et al.,* 2012).

Sejak berkembangnya isu pembangunan pertanian ramah lingkungan, pemanfaatan mikoriza sebagai pupuk hayati mendapat perhatian besar. Hal tersebut disebabkan karena mikoriza telah diketahui bermanfaat bagi pertumbuhan, produksi dan kualitas hasil berbagai jenis tanaman (Sadhana, 2014). Adapun manfaat pupuk hayati mikoriza adalah:

1. Mikoriza berperan dalam meningkatkan penyerapan unsur hara melalui struktur mikoriza yang membentuk luas permukaan akar lebih besar sehingga akar tanaman mempunyai kemampuan menyerap unsur hara lebih tinggi.
2. Mikoriza berperan dalam meningkatkan daya tahan tanaman terhadap serangan patogen akar melalui antibiotik yang dihasilkan selama bersimbiosis dengan akar tanaman sehingga dapat melemahkan bahkan mematikan bakteri, virus, dan jamur yang bersifat pathogen.
3. Mikoriza berperan dalam meningkatkan daya tahan tanaman terhadap kekeringan atau kekurangan air pada musim kemarau karena akar tanaman yang bermikoriza memiliki miselium yang dapat menjangkau air pada daerah rizosfer tanah secara lebih luas dan masih mampu mengadsorpsi air walaupun ketersediaannya dalam tanah sangat terbatas.
4. Mikoriza berperan dalam menghasilkan berbagai zat pengatur tumbuh seperti auksin, sitokinin, dan giberelin, serta menghasilkan vitamin yang dapat meningkatkan pertumbuhan organ-organ tanaman dan akar tidak cepat mengalami penuaan sehingga fungsinya dalam penyerapan unsur hara dan zat-zat terlarut lainnya dapat berjalan lebih efektif dan efisien.
5. Mikoriza berperan dalam memperbaiki struktur tanah, karena miselium yang ada di bagian luar akar tanaman (menyelimuti butir-butir tanah) menghasilkan gel polisakarida sehingga dapat meningkatkan stabilitas agregat tanah. Selain dapat meningkatkan kemampuan meyerap air dan unsur hara, endomikoriza juga dapat berfungsi sebagai pelindung biologi bagi terjadinya infeksi patogen akar. Hal ini disebabkan oleh adanya lapisan hifa (mantel) yang dapat berfungsi sebagai pelindung fisik masuknya patogen.

Posfor adalah unsur hara utama yang dapat diserap oleh tanaman yang berasosiasi dengan mikoriza disamping hara N, K, S, Ca, Mg, Cu, dan Zn dalam jumlah yang lebih kecil.

Selain itu, endomikoriza dapat memodifikasi tanaman untuk bertahan dalam kondisi kering serta memperbaiki dan memelihara struktur dan agregat tanah karena adanya kolonisasi miselia (Matsubara *et al*., 2000).

Menurut Sasvari (2012), manfaat pupuk hayati endomikoriza adalah: (1) memungkinkan tanaman menyerap hara dalam bentuk tidak tersedia atau hara yang diikat oleh tanah, terutama P dan hara lain (N, P, K, Zn, Cu, S, Fe, Ca, Mg, Mn) dan membantu mengabsorpsi senyawa organik yang secara alami tidak dapat larut untuk dimanfaatkan tanaman, dan juga membantu mengabsorpsi dan menguraikan nutrisi, (2) mempercepat pertumbuhan tanaman, meningkatkan hasil, dan meningkatkan pendapatan petani, karena asosiasi endomikoriza dapat meningkatkan proses fotosintesis, memperbaiki translokasi hara dan proses metabolisme tanaman, meningkatkan ketahanan akar dan tanaman terhadap penyakit sehingga pertumbuhan dan hasil tanaman lebih tinggi, mengurangi penggunaan pupuk kimia buatan bisa sampai lebih dari 50%, sehingga meningkatkan pedapatan petani, dan (3) endomikoriza dapat digunakan secara bersama-sama dengan bahan kimia lain secara aman seperti pestisida jenis methyl parathion dan methomyl carbofuran, atau herbisida jenis glyphosate dan fuazifopbutyl.

Hasil penelitian Rai *et al.* (2015) menunjukkan salak Gula Pasir yang dipupuk dengan pupuk hayati endomikoriza di samping produksinya meningkat, juga dapat menghasilkan buah di luar musim *(off-season*), karena meningkatkan kesuburan tanah, meningkatkan proses fotosintesis (tercermin dari meningkatnya kandungan gula total, gula reduksi dan sukrosa daun), dan meningkatkan kandungan hara N, P, K, dan Mg jaringan daun secara nyata. Hal serupa juga didapatkan oleh Juliadewi *et al.* (2014), bahwa tanaman salak yang dipupuk dengan pupuk hayati endomikoriza mikofer dosis 75 g/pohon produksinya meningkat dan dapat menghasilkan buah di luar musim. Disebutkan bahwa hal tersebut berkaitan dengan meningkatnya persentase *fruit-set* (persentase bunga yang berkembang menjadi buah) pada tanaman yang mendapat

perlakuan mikoriza, yaitu 77,22% pada musim Gadu dan 85,98% pada musim sela II, dan hal itu berkrorelasi positif dengan lebih panjang dan lebih luasnya akar yang terinfeksi mikoriza sehingga kemampuannya menyerap air dan hara lebih besar.

Saat ini telah tersedia berbagai merk pupuk hayati mikoriza kemasan dalam bentuk serbuk, granula, atau pelet siap aplikasi. Di Thailand, biofertilizer endomikoriza telah diproduksi dan digunakan secara luas sejak 10 tahun yang lalu terutama untuk memproduksi beberapa komodits buah-buahan komersil seperti durian, longan, *sweet tamarind* (asam manis), manggis dan papaya, serta berbagai jenis sayur-sayuran dan karet (Thamsurakul dan Charoensook, 2006). Namun menurut Brundrett (2009) serta Jha dan Kumar (2011), jenis mikoriza indigenus atau jenis lokal (diambil dari lokasi setempat) jauh lebih adaptif dan berdayaguna karena hifa/miselium dan/atau spora jamur tersebut lebih cepat beradaptasi, lebih baik dan lebih optimal dalam mengkolonisasi sistem perakaran tanaman inangnya. Oleh karena itu, kedepan perlu dikembangkan pupuk hayati mikoriza dengan menggunakan mikoriza hasil eksplorasi dan isolasi dimana pupuk mikoriza tersebut akan diaplikasikan. Hasil penelitian Rai *et al.* (2017) menunjukkan, pada tanaman salak ditemukan dua genus endomikoriza yaitu mikoriza genus *Glomus* dan *Scutellospora*. Kedua genus tersebut mempunyai kemampuan menginfeksi akar salak sangat tinggi yaitu 96,67% sehingga sangat cocok dikembangkan sebagai pupuk mikoriza pada tanaman salak.

Berdasarkan cara menginfeksinya mikoriza dibagi menjadi dua kelompok, yaitu ektomikoriza dan endomikoriza. Ektomikoriza menginfeksi permukaan luar akar tanaman yang tertutup tanah dan di antara sel-sel ujung akar. Akibat infeksi tersebut terbentuk jalinan hifa/miselia berwarna putih pada rambut-rambut akar, dikenal sebagai jala Hartig. Infeksinya menyebabkan perubahan morfologi akar, akar memendek, membengkak, bercabang dikotom, dan dapat membentuk pigmen. Tumbuhan inang dari ektomikoriza umumnya adalah tanama kehutanan.

Sedangkan endomikoriza menginfeksi bagian dalam akar, di dalam dan di antara sel-sel ujung akar (*root tip*). Hifa dari luar perakaran masuk ke dalam sel atau mengisi ruang-ruang antarsel, membentuk arbuskula, yaitu jaringan hifa yang menembus sela-sela sel melalui plasmalema, sedangkan di dalam sel hifa akan membentuk vesikula, suatu gelembung-gelembung kecil berbentuk butiran-butiran di dalam sitoplasma yang mengandung lipid dan menjadi alat reproduksi vegetatif. Selain vesikula dan arbuskula, pada endomikoriza terbentuk hifa eksternal yang dapat membantu memperluas ruang penyerapan hara oleh akar. Infeksi endomikoriza tidak menyebabkan perubahan morfologi akar, tetapi mengubah penampilan sel dan jaringan akar. Tumbuhan inang dari endomikoriza sebagian besar komoditi pertanian penting, seperti tanaman semusim (kacang-kacangan, padi, jagung, dan lain-lain), tanaman hortikultura (buah-buahan, sayuran, dan tanaman hias), dan tanaman industri (kakao, karet, kopi, mete, dan lain-lain) (Smith dan Read, 2008; Brundrett, 2009).

6.6. Pengairan

Air merupakan komponen penyusun utama jaringan tanaman karena sebagian besar dari tanaman apabila dianalisa terdiri atas air. Karenaya, ketersediaan air dalam unit agronomi merupakan hal yang sangat penting. Air dalam unit agronomi tidak cukup hanya diukur dari adanya air saja, melainkan seberapa besar air dalam tanah dapat diserap/diisap tanaman, sebab adanya air belum tentu menunjukkan tanaman berkecukupan air untuk tumbuh. Terkait dengan hal itu, ada **dua konsep penting yang harus kita ketahui mengenai air yang ada dalam tanah** di lapang produksi, yaitu:

1. Air ada di rongga-rongga tanah tetapi terikat oleh butiran tanah dengan kekuatan yang tergantung kepada banyaknya air yang ada disitu.
2. Air ada dalam rongga-rongga tanah sebagai larutan garam tanah (biasa disebut larutan tanah) dan larutan

tersebut sebagai medium untuk mengirimkan hara kepada tanaman untuk tumbuh.

Dalam keadaan air mencukupi, air diserap oleh tanaman dari larutan tanah. Setelah air ini habis, pada rongga tanah masih ada air sebagai lapisan molekul tipis yang terikat kuat pada butiran tanah. Air ini dapat diisap oleh tanaman dengan meemerlukan kekuatan yang cukup besar. Karenanya, hanya individu tanaman yang cukup kuat (vigor) yang dapat tahan tanpa kekurangan air, sedangkan tanaman yang lemah akan mati. Berdasarkan fenomena ini, individu tanaman yang lebih kuat tumbuhnya masih hidup dengan baik, sedangkan individu tanaman yang lemah yang ada didekatnya akan mengalami kematian. Agar tanaman tidak mati maka diperlukan pengairan, yaitu usaha memberikan atau menambah air (irigasi) dengan jumlah yang cukup dan bermutu baik serta membuang kelebihan air (drainasi) pada waktu yang tepat. Pembuangan air diperlukan karena bila air dalam tanah berlebihan menyebabkan berkurangnya udara dalam tanah dan dalam keadaan demikian akan mengurangi kemampuan tanaman menyerap air oleh karena tanaman kekurangan oksigen. Tanaman yang kekurangan oksigen respirasinya terhambat sehingga energi untuk menyerap air tidak tersedia. Kondisi dimana tanah jenuh dengan air disebut kapasitas lapang, sebaliknya titik batas terrendah dimana tanaman tidak mampu mendapatkan air sehingga tanaman mengalami layu permanen disebut titik layu permanen. Air dapat diserap oleh tanaman dengan baik pada kisaran antara sedikit di atas titik layu permanen sampai kapasitas lapang.

Tanaman tahunan berakar dalam seperti kopi, karet dan mangga pada unit agronomi, atau tanaman penaung yang ditanam sebagai pelindung kopi, kakao, dan lain-lain, selain berfungsi produksi juga berfungsi memindahkan unsur hara dan air dari bagian tanah yang lebih dalam ke bagian tanah di atasnya sehingga hara dan air tersebut dapat dimanfaatkan oleh komoditi yang memiliki perakaran lebih dangkal yang ada disitu yang ditanam secara tumpangsari dengan kopi, karet atau mangga. Dalam kaitan itu, proses pemindahan hara dan air dari lapisan tanah yang lebih dalam

terjadi melalui proses eksudasi. Melalui tekanan akar ada daya dorong air (didalamnya juga terikut hara tertentu) masuk ke akar dan naik sepanjang xilem karena ada perbedaan kandungan air antara tanah yang lebih dalam dengan di atasnya, kemudian cairan xilem tersebut keluar melalui struktur khusus akar melalui proses eksudasi. Air yang dieksudasi ini akan mempertringgi kandungan air tanah di bagian atasnya.

Fungsi air pada unit agronomi padi seringkali mendapat perhatian besar, mengingat pentingnya air dalam budidaya padi sawah dan unit agronomi sawah merupakan lapang produksi yang sangat penting bagi subyek agronomi di Indonesia.

Tanaman padi merupakan tanaman air yang ditanam dengan sistem pertanian sawah. Sawah adalah lapang produksi yang diatur berteras-teras, dibatasi oleh pematang penahan air. Tanahnya diolah sampai berbentuk lumpur, kemudian ditanami padi dengan sistem pemberian air umumnya sampai menggenang dengan ketinggian bervariasi 3 - 6 cm tergantung umur tanaman, jenis varietas dan kebiasaan petani. Air dalam unit agronomi sawah berfungsi bukan hanya sesudah terdapat tanaman padi, tetapi sudah sejak mulai dengan pengolahan tanahnya. Oleh karena itu, berbeda dengan budidaya tanaman yang lain, petani padi sawah telah berkecimpung dengan air sejak beberapa hari sebelum dia mengerjakan tanahnya sampai dengan beberapa hari sebelum gabah (malai padi) yang telah kering menguning dipetik.

Pengolahan tanah sawah memerlukan air karena unit agronomi ini memerlukan terbentuknya lumpur. Struktur lumpur dapat terbentuk dengan adanya pengolahan tanah melalui pembajakan dan penggaruan, yang sebelumnya tanah sawah harus sudah diberi air hingga jenuh. Sebaliknya, tanah sawah tidak baik diolah apabila tanahnya masih kering. Lebih baik petani menunggu sampai air sanagt cukup di sawah untuk emmulai mengerjakan tanah. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa selama periode pengolahan tanah diperlukan sekitar 15% dari seluruh jumlah air yang diperlukan budidaya padi sawah dan air itu sudah diberikan

semenjak 12 hari sebelum mulai pengerjaan tanah. Besaran jumlah air yang diperlukan selama periode pengolahan tanah ditentukan oleh beberapa hal seperti jenis tanah, tekstur, struktur, dan topografi tanah.

Sistem pengolahan tanah sawah yang dilakukan dalam keadaan tanah jenuh air dan dikerjakan selama bertahun-tahun menyebabkan pada tanah sawah terbentuk lapisan "kedap air" atau sering disebut "**lapisan bajak**" (***ploughsole***) di bawah permukaan tanah yang dapat mencegah perkolasi air sehingga struktur tanah sawah dapat dipertahankan sepanjang umur tanaman padi.

Masalah kekurangan air timbul akibat siklus hidrologi di alam yang tidak merata dan hal itu berkaitan secara langsung atau tidak langsung dengan perubahan iklim global. Agar tanaman yang diusahakan tidak kekurangan air, lahir pemikiran untuk memenuhi kekurangan air yang sering terjadi. Salah satu cabang ilmu yang khusus mempelajari dan mengkaji tentang air bagi pertanian adalah ilmu pengairan atau irigasi.

Irigasi merupakan upaya yang dilakukan manusia untuk mengairi lahan pertanian agar tanaman yang diusahakan kebutuhan airnya terpenuhi untuk pertumbuhannya. Kebutuhan air tanaman sama dengan kehilangan air per satuan luas lahan yang diakibatkan oleh hilangnya air karena penguapan kanopi tanaman (transpirasi) ditambah dengan hilangnya air melalui penguapan permukaan tanah (evaporasi). Dengan demikian kebutuhan air tanaman dapat dihitung dari besarnya evaporasi dan transpirasi. Kegiatan-kegiatan irigasi menyangkut penampungan air, penyaluran air ke lahan, pembuangan kelebihan air, dan usaha menjaga kontinyuitas ketersediaan air bagi tanaman.

Kegunaan air irigasi selain untuk mencukupi kebutuhan air bagi pertumbuhan tanaman agar dapat berproduksi secara maksimal, juga untuk:

1. Mempermudah pengolahan tanah.
2. Menjamin ketersediaan air di musim kemarau.
3. Mengatur suhu tanah dan iklim mikro.
4. Menekan pertumbuhan gulma pada sistem sawah
5. Menekan serangan hama dan penyakit tanaman

6. Membersihkan tanah dari kotoran, unsur-unsur racun, serta kadar asam dan garam yang berlebihan.

Sumber air untuk irigasi dapat bermacam-macam macam, yaitu: (1) air tanah, yaitu air yang terdapat di dalam tanah, seperti sumur, air artesis, dan air tanah; (2) air sungai, yaitu air di permukaan tanah yang mengalir di sungai; (3) air waduk, yaitu air di permukaan tanah yang tersimpan pada waduk alami (danau) atau waduk buatan manusia (embung); dan (4) air hasil tangkapan curah hujan yang disimpan dalam tempat yang sederhana seperti cubang, bak penampung dari terpal, dan lain-lain.

Irigasi sebagai tindakan memindahkan air dari sumbernya ke lahan-lahan pertanian, dapat dilakukan secara gravitasi atau dengan bantuan pompa air. Pada prakteknya ada **4 jenis irigasi ditinjau dari cara pemberian airnya**, yaitu:

1. Irigasi permukaan (*surfece irrigation*), yaitu jenis irigasi klasik dilakukan dengan cara mengambil air dari sumbernya (sungai atau yang lainnya) kemudian disalurkan ke lahan pertanian dengan saluran terbuka atau menggunakan pipa dan semacamnya dengan memanfaatkan gaya gravitasi bumi. Tanah yang lebih tinggi akan paling dahulu mendapatkan air. Jenis irigasi ini dapat dibagi lagi menjadi irigasi genangan liar, irigasi genangan dari saluran, irigasi alur, dan gelombang.
2. Irigasi bawah permukaan (*subsurface irrigation*), yaitu jenis irigasi yang menyuplai air langsung ke daerah akar tanaman yang membutuhkannya dengan menggunakan pipa bawah tanah atau dengan mengatur muka air tanah.
3. Irigasi curah/pancaran (*sprinkler irrigation*), yaitu jenis irigasi yang dilakukan dengan cara meniru air hujan dimana penyiramannya dilakukan dengan cara menyalurkan air dari sumber air ke daerah sasaran atau area persawahan dengan menggunakan pipa tertentu. Ujung pipa disumbat dengan menggunakan tekanan khusus dari alat pencurah sehingga menghasilkan pancaran air seperti air hujan. Air dari pancaran pertama kali akan membasahi bagian atas dari tanaman, kemudian di bagian bawah, dan selanjutnya di bagian

dalam tanah. Pemberian air dengan cara ini dapat menghemat dalam segi pengelolaan tanah karena dengan pengairan ini tidak diperlukan permukaan tanah yang rata, juga dengan pengairan ini dapat mengurangi kehilangan air disaluran karena air dikirim melalui saluran tertutup. Jenis irigasi curah juga dapat dilakukan dengan menggunakan ember atau timba untuk mengambil air dari sumbernya, kemudian disiramkan ke lahan pertanian secara curahan. Meskipun irigasi jenis ini sangat membuang tenaga dan juga waktu, namun masih banyak kegiatan pertanian baik di desa maupun di kota yang menggunakan cara seperti ini.

4. Irigasi tetes (*trickler/drip irrigation*), yaitu jenis irigasi yang prinsipnya mirip dengan irigasi siraman (menggunakan pipa dan ujung pipa disumbat), tetapi pipa yang mendistribusikan air tekanannya lebih kecil, jalurnya dibuat melalui barisan tanaman, dilubangi dan diberikan nozel penetes dekat pangkal tanaman, sehingga air menetes langsung mengenai akar tanaman. Pengaturan seperti ini akan menyebabkan air yang muncul dari pipa atau selang tersebut berbentuk tetesan sehingga memiliki keuntungan tidak ada air yang hilang melalui aliran permukaan.
5. Irigasi pompa (*pumps irrigation*), yaitu jenis irigasi yang memanfaatkan mesin pompa air untuk mengalirkan air dari sumbernya ke lahan pertanian. Pengklasifikasian irigasi jenis ini semata-mata hanya berdasarkan alat yang digunakan, yaitu pompa air. Pompa air diperlukan terutama bagi daerah yang letak sumber airnya lebih rendah dari lahan pertanian yang akan diairi.

Dalam Peraturan Pemerintah Nomor 77 tahun 2001 disebutkan bahwa irigasi adalah usaha penyediaan dan pengaturan air untuk menunjang pertanian. Jaringan irigasi adalah saluran dan bangunan yang merupakan satu kesatuan dan diperlukan untuk pengaturan air irigasi mulai dari penyediaan, pengambilan, pembagian, dan penggunaannya. Daerah irigasi adalah kesatuan wilayah yang mendapat air dari satu jaringan irigasi, sedangkan petak irigasi adalah petak tanah yang memperoleh air

irigasi. Disebutkan bahwa dalam suatu jaringan irigasi terdapat empat unsur fungsional pokok, yaitu:

1. Bangunan-bangunan utama (*headworks*) dimana air diambil aau disadap dari sumbernya. Bangunan utama ini umumnya adalah sungai atau waduk.
2. Jaringan pembawa, yaitu saluran yang mengalirkan air irigasi ke petak- petak tersier.
3. Petak tersier, yaitu petak sawah dengan sistem pembagian air dan sistem pembuangan kolektif. Air irigasi dibagi-bagi dan dialirkan ke sawah-sawah dan kelebihan air ditampung di dalam suatu sistem pembuangan di dalam petak tersier.
4. Sistem pembuangan, yaitu saluran dan bangunan untuk membuang kelebihan air ke sungai atau saluran-saluran alamiah

Dalam peraturan pemerintah tersebut disebutkan pula bahwa berdasarkan cara pengaturan, pengukuran aliran air dan lengkapnya fasilitas, maka jaringan irigasi dapat dibedakan kedalam tiga jenis yaitu:

1. **Irigasi sederhana (non teknis)**, yaitu irigasi yang diusahakan secara mandiri oleh suatu kelompok petani pemakai air sehingga kelengkapan maupun kemampuan dalam mengukur dan mengatur air masih sangat terbatas. Ketersediaan air biasanya melimpah dan mempunyai kemiringan yang sedang sampai curam sehingga mudah untuk mengalirkan dan membagi air. Jaringan irigasi sederhana mudah diorganisasikan karena menyangkut pemakai air dari latar belakang sosial yang sama. Namun jaringan ini masih memiliki beberapa kelemahan antara lain, terjadi pemborosan air karena banyak air yang terbuang, air yang terbuang tidak selalu mencapai lahan di sebelah bawah yang lebih subur, dan bangunan penyadap bersifat sementara, sehingga tidak mampu bertahan lama.
2. **Irigasi semi teknis**, yaitu jaringan irigasi yang memiliki bangunan sadap yang permanen ataupun semi permanen. Bangunan sadap pada umumnya sudah dilengkapi dengan bangunan pengambil dan pengukur. Jaringan saluran sudah terdapat beberapa bangunan permanen,

namun sistem pembagiannya belum sepenuhnya mampu mengatur dan mengukur. Karena belum mampu mengatur dan mengukur dengan baik, sistem pengorganisasian biasanya lebih rumit. Sistem pembagian airnya sama dengan jaringan sederhana, bahwa pengambilan dipakai untuk mengairi daerah yang lebih luas daripada daerah layanan jaringan sederhana.

3. **Irigasi teknis**, yaitu yaitu jaringan irigasi yang mempunyai bangunan sadap yang permanen. Bangunan sadap serta bangunan bagi mampu mengatur dan mengukur. Disamping itu terdapat pemisahan antara saluran pemberi dan pembuang. Pengaturan dan pengukuran dilakukan dari bangunan penyadap sampai ke petak tersier.

Petak tersier menduduki fungsi sentral dalam jaringan irigasi teknis. Sebuah petak tersier terdiri dari sejumlah sawah dengan luas keseluruhan yang umumnya berkisar antara 50 - 100 ha, kadang-kadang sampai 150 ha. Petak tersier menerima air di suatu tempat dalam jumlah yang sudah diukur dari suatu jaringan pembawa yang diatur oleh Dinas Pengairan. Untuk memudahkan sistem pelayanan irigasi kepada lahan pertanian, disusun suatu organisasi petak yang terdiri dari petak primer, petak sekunder, dan petak tersier dan petak sawah sebagai satuan terkecil.

a. **Petak primer** adalah petak yang terdiri dari beberapa petak sekunder yang mengambil langsung air dari saluran primer. Petak primer dilayani oleh satu saluran primer yang mengambil airnya langsung dari sumber air, biasanya sungai.
b. **Petak sekunder**, yaitu petak yang terdiri dari beberapa petak tersier yang kesemuanya dilayani oleh satu saluran sekunder. Biasanya petak sekunder menerima air dari bangunan bagi yang terletak di saluran primer atau sekunder. Batas-batas petak sekunder pada urnumnya berupa tanda topografi yang jelas misalnya saluran drainase. Luas petak sekunder dapat berbeda-beda tergantung pada kondisi topografi daerah yang bersangkutan.

c. **Petak tersier**, adalah petak yang menerima air irigasi yang dialirkan dan diukur pada bangunan sadap (*off-take*) tersier yang menjadi tanggung jawab Dinas Pengairan. Bangunan sadap tersier mengalirkan airnya ke saluran tersier. Luas petak tersier pada suatu daerah irigasi bervariasi antara 50-100 ha, kadang-kadang sampai 150 ha. Petak tersier bisa terbagi menjadi beberapa petak kuarter masing-masing seluas kurang-lebih luasnya 8-15 hektar. Petak tersier umumnya mempunyai batas-batas yang jelas, misalnya jalan, parit, batas desa dan batas-batas lainnya. Ukuran petak tersier berpengaruh terhadap efisiensi pemberian air.

Tabel 11. Klasifikasi dan perbedaan antar jaringan irigasi

No.	Perbedaan	Klasifikasi jaringan irigasi		
		Teknis	Semi Teknis	Sederhana
1.	Bangunan utama	Bangunan permanen	Bangunan permanen atau semi permanen	Bangunan sederhana
2.	Kamampuan bangunan dalam mengukur dan mengatur debit	Baik	Sedang	Jelek
3.	Saluran	Saruran pemberi (irigasi) dan pembuang (drainasi) terpisah	Saruran pemberi dan pembuang tidak sepenuhnya terpisah	Saruran pemberi dan pembuang jadi satu
4.	Petak tersier	Dikembangkan seluruhnya	Belum dikembangkan atau densitas bangunan tersier jarang	Belum ada jaringan yang dikembangkan
5.	Efisiensi secaraa keseluruhan	50-60%	40-50%	< 40%
6.	Ukuran (luas Daerah irigasi)	Tak ada batasan	Sampai 2000 ha	< 500 ha

Sumber:Perencanaan irigasi KP-01, Departemen Pekerjaaan Umum, Dirjen Pengairan, 19986

6.7. Perlindungan Tanaman

Perlindungan tanaman adalah segala usaha yang dilakukan manusia untuk melindungi tanaman dari hambatan/gangguan dari luar yang mengakibatkan tanaman tidak dapat menghasilkan sesuai dengan yang diharapkan dilihat dari kuantitas, kuantitas dan kontinyuitas. Gangguan dari luar tersebut dapat berupa gangguan atau serangan organisme pengganggu tumbuhan (OPT), gangguan gulma, atau gangguan yang disebabkan dari faktor-faktor non-OPTseperti perubahan iklim (kekeringan dan banjir), dan kebakaran lahan/kebun.

Menurut Undang Undang Nomor 12 Tahun 1992 tentang Sistem Budidaya Tanaman disebutkan bahwa p*erlindungan tanaman adalah segala upaya untuk mencegah kerugian pada budidaya tanaman yang diakibatkan oleh organisme pengganggu tanaman. Dalam buku ini, akan diuraikan perlindungan tanaman dari gangguan gulma dan gangguan hama penyakit.*

6.7.1. Pengendalian Gulma

6.7.1.1. Definisi dan Sifat Gulma

Gulma atau tumbuhan pengganggu memiliki berbagai definisi, diantaranya yaitu: (1) tumbuhan yang tumbuh tidak sesuai dengan tempatnya (*a plant out of place*), (2) tumbuhan yang memberikan nilai negatif (*a plant with negative value*), (3) tumbuhan yang tumbhnya tidak dikehendaki (*an underivable plant*), (4) tumbuhan yang bersaing dengan manusia dalam memanfaatkan lahan, (5) tumbuhan yang tumbuh secara spontan, dan (6) tumbuhan yang tidak berguna (belum diketahui kegunaannya). Sifat-sifat umum gulma, yaitu daya adaptasinya tinggi, daya saingnya lebih kuat dari tanaman budidaya, kemampuan berkembang biak cepat, dan dormansinya luas sehingga mampu mempertahankan diri dengan baik.

Selain serangan hama dan penyakit yang merugikan petani, gulma juga perlu mendapat perhatian khusus. Petani

sering kurang memperhatikan gulma sampai populasinya melebihi batas. Gulma akan berkompetisi dengan tanaman utama dalam mendapatkan unsur hara, air, cahaya matahari, ruang tumbuh dan udara. Kerugian yang ditimbulkan oleh gulma sangat luas, yaitu:

1. Mengurangi hasil tanaman budidaya yang diperoleh.
2. Mengurangi kualitas hasil tanaman.
3. Mengurangi ketersediaan unsur hara dan air bagi tanaman budidaya.
4. Manjadi inang (*host*) hama dan penyakit tanaman budidaya.
5. Menambah kebutuhan tenaga kerja.
6. Menganggu dan mempersulit pelaksanan pekerjaan budidaya seperti dalam pengolahan tanah, penyiangan, dan pemanenan.
7. Meracuni tanaman budidaya karena ada sebagian gulma mengeluarkan eksudat (alelopati) yang mematikan tanaman budidaya.

6.7.1.2. Jenis-Jenis Gulma

Gulma dapat diklasifikasikan dari berbagai macam seperti berdasarkan siklus hidup, habitat tumbuh, asal daerah, karakteristik yang dimiliki, tempat tumbuh, sifat gangguan/kompetisi, jenis/kelompok tanaman budidaya tempat hidupnya, kondisi (sifat) lahan tempat tumbuh, dan karakteristik yang dimiliki (Smith dan Menalled, 2006).

a. Jenis Gulma Berdasarkan Siklus Hidupnya. Berdasarkan siklus hidupnya, gulma dibedakan menjadi gulma semusim (*annual*), gulma dwi tahunan (*biannual*), dan gulma tahunan (*perennial*).

- Gulma semusim yaitu gulma yang hidup hanya satu musim atau tidak lebih dari satu tahun, contohnya babadotan (*Ageratum conyzoides*).
- Gulma dwitahunan, yaitu gulma yang hidup hidup lebih dari satu tahun tetapi tidak lebih dari dua tahun, misalnya *Cyperus iria* dan *Daucus carota.*
- Gulma tahunan, yaitu gulma yang hidup lebih dari dua tahun, misalnya teki (*Cyperus rotundus*) dan alang-alang (*Imperata cylindrica*).

b. **Jenis Gulma Berdasarkan Habitatnya**. Berdasarkan habitat tempat tumbuhnya, gulma dibedakan menjadi gulma obligat dan gulma fakultatif.
   - Gulma obligat, yaitu gulma yang selalu berasosisasi dengan manusia (selalu hidup pada tempat yang sudah ada campur tangan manusia), tidak pernah dalam keadaan liar, misalnya gulma babadotan (*Ageratum conyzoides*) dan gulma ceplukan (*Physalis angulata*) yang selalu hidup pada habitat pertanian.
   - Gulma fakultatif, yaitu gulma yang dapat hidup pada hábitat pertanian (berasosiasi/ada campur tangan manusia) tetapi dapat pula hidup dalam keadaan liar (belum ada campur tangan manusia. Contohnya gulma bawang liar (*Allium sp.*) dan pakis-pakisan (*Ceratoptoris sp.*).

c. **Jenis Gulma Berdasarkan Daerah Asalnya**. Berdasarkan daerah asalnya, gulma dibedakan menjadi gulma domestik dan gulma eksotik.
   - Gulma domestik, yaitu gulma asli di suatu tempat/ daerah, contohnya gulma alang-alang (*Imperata cylindrica*) sebagai gulma asli Indonesia.
   - Gulma eksotik, yaitu gulma yang berasal dari daerah (negara) lain, contohnya eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dan gulma kiambang (*Salvinia molesta*) berasal dari negara lain.

d. **Jenis Gulma Berdasarkan Karakteristik yang Dimiliki**. Berdasarkan karakteristik yang dimiliki, gulma dibedakan menjadi tiga golongan yaitu gulma rumput-rumputan (*grasses*), gulma berdaun lebar (*broadleave*), dan gulma teki (*sedges*).
   - Gulma rumputan atau disebut sebagai gulma berdaun pita, yaitu gulma yang memiliki ciri-ciri berdaun sempit, panjang dan lebar daun jelas berbeda, urat daunnya sejajar dengan tulang daun utama, dan menghasilkan stolon didalam tanah berbentuk jaringan rumit yang sulit diatasi secara mekanik. Contohnya alang-alang (*Imperata cylindrica*) dan *Paspalum conjugatum*.

- Gulma berdaun lebar, yaitu gulma yang dicirikan oleh daunnya lebar-lebar, panjang dan lebar daun berbeda sedikit, dan kompetisi terhadap tanaman utama yang paling menonjol adalah dalam memperebutkan cahaya matahari. Contohnya, daun sendok.
- Gulma teki, yaitu gulma dari famili teki-tekian (Cyperaceae) dengan ciri utama penampang batangnya segitiga dan memiliki memiliki daya tahan yang luar biasa terhadap pengendalian mekanis, karena memiliki umbi batang di dalam tanah yang mampu bertahan berbulan-bulan bahkan tahunan. Contohnya, teki ladang (*Cyperus rotundus*).

e. **Jenis Gulma Berdasarkan Tempat Tumbuhnya**. Berdasarkan tempat tumbuhnya, gulma dibedakan menjadi gulma darat (*terestrial*) dan gulma air (*aquatic*).
- Gulma terrestrial, yaiu gulma yang tumbuh di daratan, contohnya teki ladang (*Cyperus rotundus*).
- Gulma aquatic, yaitu gulma yang tumbuh di air atau perairan, contohnya eceng gondok (*Eichornia crassipes*) dan kayu apu (*Pistia stratiotes*).

f. **Jenis Gulma Berdasarkan Tingkat Gangguannya**. Berdasarkan tingkat gangguannya, gulma dibedakan menjadi gulma biasa (*common weed*) dan gulma ganas (*noxius weed*).
- Gulma biasa, yaitu gulma yang gangguannya pada tanaman budidaya kurang nyata.
- Gulma ganas, yaitu gulma yang tingkat gangguannya nyata sehingga menimbulkan kemerosotan hasil secara nyata bagi tanaman budidaya, karena perbanyakan vegetatif dan/atau generatifnya berlangsung cepat; laju pertumbuhan vegetatifnya sangat tinggi; propagula (alat perkembangbiakannya) mempunyai dormansi yang ekstrim; dan mampu bertahan dalam keadaan lingkungan yang tidak menguntungkan.

2. **Jenis Gulma Berdasarkan Kelompok Tanaman Budidaya sebagai Tempat Tumbuhnya**. Berdasarkan kelompok tanaman budidaya sebagai tempat tumbuhnya, gulma dbedakan menjadi gulma padi sawah, gulma tanaman pangan, dan gulma tanaman perkebunan. Gulma padi sawah, yaitu gulma sebagai penggangu pada habitat sawah. Gulma tanaman pangan, yaitu gulma sebagai pengganggu pada tanaman pangan selain sawah. Sedangkan gulma tanaman perkebunan, yaitu gulma sebagai pengganggu pada tanaman perkebunan. Namun penggolongan gulma seperti ini kurang jelas, karena jenis gulma tertentu biasa mengganggu pada lahan tanaman perkebunan tetapi juga biasa dijumpai pada lahan tanaman pangan.

Walaupun secara umum keberadaan gulma merugikan petani, tetapi gulma juga mempunyai manfaat. Adapun manfaat atau kegunaan gulma, yaitu:

a. Sebagai bahan penutup tanah dalam bentuk mulsa yang apabila dibenamkan ke tanah akan meningkatkan bahan organik setelah melapuk.
b. Mengurangi/mencegah bahaya erosi.
c. Penghasil bahan bakar
d. Bahan industri/kerajinan
e. Dapat digunakan sebagai bahan makanan ternak.
f. Dapat digunakan sebagai media tumbuh jamur merang (gulma air).
g. Dapat digunakan sebagai bahan obat-obatan tradisional.

6.7.1.3. Pengendalian Gulma

Pengertian **pengendalian gulma** (*weed control*) berbeda dengan pemberantasan gulma (*weed eradication*). Pengendalian gulma merupakan proses membatasi gulma sedemikian rupa sehingga tanaman dapat dibudidayakan dapat tumbuh dan menghasilkan secara optimal. Dalam pengendalian tidak seluruh gulma dimusnahkan, melainkan cukup menekan pertumbuhan dan/atau mengurangi populasinya saja. Dengan kata lain, pengendalian bertujuan

hanya menekan/membatasi gulma sampai tingkat populasi yang tidak merugikan secara ekonomi/populasinya tidak melampui ambang ekonomi (*economic threshold*), sehingga tidak perlu menekan gulma sampai populasi nol. Sedangkan pemberantasan merupakan usaha mematikan seluruh gulma yang ada, baik yang sedang tumbuh maupun alat reproduksinya, sehingga populasi gulma sedapat mungkin ditekan sampai nol. Cara ini baik dilakukan pada areal yang sempit dan tidak miring. Pada areal luas cara ini mahal sedangkan pada lahan miring kemungkinan besar menimbulkan bahaya erosi (Smith dan Menalled, 2006).

Beberapa cara atau teknik pengendalian gulma yang sudah biasa dipraktekan di lapangan seperti berikut.

1. Pengendalian Secara Preventif

Tindakan pencegahan ((*preventive control*) dengan maksud untuk mengurangi pertumbuhan gulma merupakan cara paling dini untuk menghindari kerugian akibat gulma. Pencegahan merupakan langkah yang paling tepat karena kerugian yang sesungguhnya pada tanaman budidaya belum terjadi. Pencegahan biasanya lebih murah, namun demikian tidak selalu lebih mudah. Pengetahuan tentang cara-cara penyebaran gulma sangat penting jika kita hendak melakukan dengan tepat. Pengendalian secara preventif antara lain dilakukan dengan:

a. Membersihan bibit tanaman dari kontaminasi biji-biji gulma.
b. Menghindari pemakaian pupuk kandang yang belum matang.
c. Pemberantasan gulma di sisi-sisi sungai dan saluran-saluran pengairan
d. Pembersihan ternak yang akan diangkut.
e. Pencegahan pengangkutan tanaman berikut tanahnya dan lain sebagainya.

2. Pengendalian Secara Mekanis

Pengendalian mekanis (*physical control*) merupakan usaha menekan pertumbuhan gulma dengan cara merusak bagian-bagian gulma sehingga gulma tersebut mati atau

pertumbuhannya terhambat. Pengendalian ini hanya mengendalikan kekuatan fisik atau mekanik dengan alat tradisional, alat sederhana sampai penggunaal alat berat yang modern. Pengendalian mekanis merupakan cara yang relatip tua dan masih banyak dilakukan meskipun secara ekonomis bisa lebih mahal dibandingkan cara yang lain. Pengendalian mekanis dapat dilakukan antara lain dengan pengolahan Tanah, penyiangan(*weeding*), pencabutan (*hand pulling*), pembabatan (*mowing*), pembakaran (*burning*), penggenangan dengan air (*flooding*), pemberian mulsa (*mulching*). peralatan pengendalian mekanis misalnya cangkul, kored, parang, dan lain-lain.

3. Pengendalian Secara Biologis

Pengendalian secara biologis atau pengendalian secara hayati (*biological control*) adalah metode pengendalian menggunakan organisme hidup (tumbuhan atau serangga/ binatang). Pengendalian biologis menggunakan tumbuhan disebut juga dengan metode penggendalian kultur teknik yaitu dengan rotasi tanam (*crop rotation*), sistem bertanam (*cropping system*), pengaturan jarak tanam (*crop density)*, pemulsaan (*mulching*), dan tanaman penutup tanah (*legum cover crop/LCC*). Pengendalian biologis dengan serangga pemangsa (predator) atau musuh-musuh alami gulma sering kurang efektif karena ketersedian serangga yang terbatas dan sulit untuk mendapat predator yang dapat memangsa gulma yang meliputi sejumlah golongan atau spesies, atau bahkan akan memangsa tanaman pokok apabila genus atau famili tanaman utama sama dengan gulma.

4. Pengendalian Secara Kimia

Pengendalian secara kimiawi (*chemical control*) adalah pengendalian dengan menggunakan bahan-bahan kimia yang disebut herbisida. Herbisida dapat digunakan untuk mematikan atau menekan pertumbuhan gulma, baik secara selektif maupun non selektif. Macam herbisida yang dipilih bisa kontak maupun sistemik, dan penggunaannya bisa pada saat pratanam, pratumbuh atau pasca tumbuh. Keuntungan pengendalian gulma secara kimiawi adalah cepat dan efektif,

terutama untuk areal yang luas. Beberapa segi negatifnya ialah bahaya keracunan tanaman, mempunyai efek residu terhadap pencemaran lingkungan. Karena dampak negatifnya terhadap lingkungan, maka pengendalian gulma secara kimiawi mestinya merupakan pilihan terakhir apabila cara-cara pengendalian gulma lainnya tidak berhasil.

6.7.1.4. Klasifikasi Herbisida

Menurut Asthon dan Craft (1981), herbisida diklasifikasikan menjadi tiga golongan yaitu berdasarkan cara kerja, selektifitas, dan sifat kimia. Penggolongan diperlukan untuk mempermudah pengenalan jenis herbisida yang sangat banyak macamnya.

a. Berdasarkan **cara kerjanya** herbisida dibedakan menjadi :
   1. Herbisida kontak, yaitu herbisida yang mematikan atau merusak bagian gulma yang terkena langsung oleh herbisida tersebut. Bagian gulma yang tidak terkena langsung oleh herbisida ini tidak akan rusak karena kandungan racun tidak ditranslokasikan ke bagian-bagian gulma lainnya. Herbisida ini kurang baik untuk gulma yang berumbi atau stolon karena bagian di bawah permukaan tanah tidak terkena. Contohnya herbisida paraquat (*gromoxone*) kerjanya menghambat proses fotosintesis.
   2. Herbisida sistemik, yaitu herbisida yang mematikan gulma melalui translokasi racun ke seluruh bagian-bagian gulma. Herbisida ini mematikan gulma dengan berbagai cara seperti menghambat fotosisntesis (contohnya herbisida berbahan aktif triazin dan substitusi urea amida), menghambat pernafasan/respirasi (contohnya herbisida berbahan aktif amitrol dan arsen), menghambat perkecambahan (contohnya herbisida berbahan aktif tiokarbamat dan karbamat) dan menghambat pertumbuhan gulma (contohnya herbisida berbahan aktif 2, 4 D, dicamba, dan picloram).

b. Berdasarkan s**elektifitasnya** herbisida dapat dibedakan menjadi:
   1. Herbisida selektif, yaitu herbisida yang jika diaplikasikan pada berbagai jenis tumbuhan hanya akan mematikan species tertentu gulma dan relatif tidak mengganggu tanaman yang dibudidayakan. Contohnya herbisida berbahan aktif 2,4D mematikan gulma daun lebar dan tidak mengganggu tanaman serealia.
   2. Herbisida non-selektif, yaitu herbisida yang bila diaplikasikan melalui tanah atau daun dapat mematikan hampir semua jenis tumbuhan yang ada pada lahan itu, termasuk tanaman yang dibudidayakan. Contohnya herbisida berbahan aktif arsenik, klorat dan karbon disulfida.
c. Berdasarkan sifat kimiawinya herbisida dapat dibedakan menjadi:
   1. Herbisida anorganik, yaitu herbisida yang bahan aktifnya tersusun secara anorganik, misalnya herbisida berbahan aktif amonium sulfanat, amonium sulfat, kalsium sianamida, dan lain-lain.
   2. Herbisida organik, yaitu herbisida yang bahan aktifnya tersusun secara organik, misalnya herbisida tipe hormon, herbisida berbahan aktif asam benzoate, amida, nitril, dan lain-lain.
d. Berdasarkan waktu aplikasinya herbisida dapat dibedakan menjadi:
   1. Herbisida sebelum tanam *(pre plant*), yaitu herbisida yang diaplikasikan pada saat tanaman belum ditanam, tetapi tanah sudah diolah.
   2. Herbisida sebelum tumbuh (*pre emergence*), yaitu herbisida yang diaplikasikan sebelum benih tanaman atau biji gulma berkecambah. Pada perlakuan ini benih dari tanaman sudah ditanam, sedangkan gulma belum tumbuh.
   3. Herbisida sesudah tumbuh (*post emergence*), yaitu herbisida yang diaplikasikan pada saat gulma dan tanaman sudah lewat stadia perkecambahan.

Aplikasi herbisida bisa dilakukan pada saat tanaman masih muda maupun sudah tua.

e. Berdasarkan cara penggunaannya herbisida dapat dibedakan menjadi:
   1. Cara sebaran, yaitu herbisida yang digunakan dengan menyemprotkan atau menyebarkan keseluruh areal tanaman.
   2. Cara larikan, yaitu herbisida yang disebarkan diantara larikan tanaman.
   3. Cara langsung, yaitu herbisida yang diseprotkan langsung ke tumbuhan pengganggu, atau dengan melukai bagian tumbuhan pengganggu, misalnya batang, lalu herbisida itu dioleskan pada bagian batang itu (digunakan untuk mematikan pohon).

Mekanisme translokasi atau pengangkutan herbisida ke bagian-bagian tumbuhan pengganggu dapat dibedakan berdasarkan 3 prinsip, yaitu:

1. Translokasi melalui floem, yaitu bahan aktif herbisida setelah mengenai gulma akan masuk ke jaringan pembuluh floem gulma kemudian diangkut ke bagian-bagian gulma lainnya, termasuk ke akar. Floem terdiri atas jaringan dengan sel-sel yang hidup yang fungsi utamanya mentranslokasikan hasil fotosintat dari daun ke seluruh bagian tanaamn, termasuk ke akar. Karenanya, bahan toksik gulma akan mematikan sel-selnya. Oleh karena itu, agar herbisida yang diberikan efektif maka waktu pemberian dipilih saat translokasi ke floem intensif, misalnya saat gulma berdaun penuh dan masih muda. Translokasi melalui floem umumnya untuk herbisida yang disemprotkan melalui tajuk gulma.
2. Translokasi melalui xilem, yaitu bahan aktif herbisida yang toksik setelah diserap akar akan masuk ke xilem kemudian ditranslokasikan ke bagian atas/pucuk gulma. Xilem merupakan jaringan dengan sel-sel mati, oleh karena itu bahan toksik gulma tidak merusak sel-sel jaringan itu. Traanslokasi dari akar ke bagian gulma di atas permukaan tanah mengikuti translokasi air dan

unsur hara. Translokasi melalui xilem umumnya untuk herbisida yang disemprotkan melalui tanah.

3. Translokasi melalui ruang interseluler, yaitu bahan aktif herbisida setelah mengenai gulma akan masuk melalui ruang-ruang interseluler. Hal itu dapat terjadi karena bahan pelarut herbisida yang non polar dan mempunyai tekanan permukaan yang rendah. Dengan demikian herbisida tersebut akan dapat menyebar kesegenap bagian gulma, dari atas ke bawah dan sebaliknya, atau secara radial dan tangensial.

6.7.2. Pengendalian Hama dan Penyakit Tanaman

Sebelum menanam suatu jenis tanaman, sebaiknya dikenali terlebih dahulu jenis-jenis hama dan penyakit yang biasa menyerang tanaman tersebut. Hal ini penting untuk mempermudah pengendaliannya apabila betul-betul terjadi serangan hama dan penyakit.

6.7.2.1. Hama Tanaman

Hama dalam arti luas adalah semua bentuk gangguan baik pada manusia, ternak, maupun tanaman. Pengertian hama dalam arti sempit yang berkaitan dengan kegiatan budidaya tanaman adalah semua hewan yang merusak tanaman atau hasilnya yang mana aktivitas hidupnya ini dapat menimbulkan kerugian secara ekonomis. Hama adalah perusak tanaman yang dibudidaakan manusia pada akar, batang, daun, atau bagian lainnya sehingga tanaman tidak dapat tumbuh dan berproduksi dengan baik.

Hama yang menyerang organ tumbuhan umumnya adalah hewan. Hewan yang dapat menjadi hama dapat dari jenis serangga, moluska, tungau, tikus, burung, atau mamalia besar. Secara garis besar, hama tanaman dikelompokkan menjadi tiga kelompok, yaitu kelompok hewan menyusui (mamalia), misalnya tikus; kelompok serangga (insekta), misalnya belalang; dan kelompok burung (aves), misalnya burung pipit. Di suatu daerah mungkin suatu hewan menjadi hama, namun di daerah lain belum

tentu menjadi hama (Dadang, 2006). Ciri-ciri hama antara lain:

a. Hama dapat dilihat dengan mata telanjang
b. Umumnya dari golongan hewan (tikus, burung, serangga, ulat, dan sebagainya).
c. Hama cenderung merusak bagian tanaman tertentu sehingga tanaman menjadi mati atau tanaman tetap hidup tetapi tidak banyak memberikan hasil secara baik.
d. Serangan hama biasanya lebih mudah di atasi karena hamanya tampak oleh mata atau dapat dilihat secara langsung

Dampak kerugian akibat serangan hama dapat berupa gagal panen, menurunnya kuantitas dan kualitas hasil, menambah biaya produksi karena diperlukan biaya pengendalian atau pemberatasannya, dan mempercepat terjadinya infeksi penyakit pada tanaman. Hama merusak tanaman antara lain dengan cara menghisap cairan tanaman, memotong dan memakan bagian atau organ tanaman baik yang muda maupun tua, dan membuat rumah atau sarang sebagai tempat tinggal dan berkembang biak baik pada batang, daun maupaun buah.

6.7.2.2. Pengendalian Hama Tanaman

Dalam melaksanakan pengendalian organisme pengganggu, pemerintah telah mengaturnya dalam Undang Undang Nomor 12 Tahun 1992 tentang Sistem Budidaya Tanaman. Pada Pasal 20 undang-undang tersebut dinyatakan bahwa perlindungan hama tanaman ditetapkan dengan sistem Pengendalian Hama Terpadu (PHT). Undang-undang tersebut memberikan landasan dan dukungan hukum yang kuat bagi pelaksanaan dan penerapan konsep PHT pada umumnya dan pengurangan penggunaan pestisida pada khususnya.

Metode pengendalian hama menurut konsep PHT adalah memadukan semua metode pengendalian hama sedemikian rupa, meliputi pengendalian secara fisik, pengendalian secara mekanik, pengendalian secara kultur teknis (dengan cara bercocok tanam), pengendalian dengan menanam

varietas tahan, pengendalian secara biologi/hayati dan pengendalian secara kimia. Pengendalian secara kimia dilakukan sebagai alternatif terakhir. Tujuan pengendalian hama secara terpadu adalah untuk menurunkan dan mempertahankan populasi organisme pengganggu di bawah batas ambang ekonomi, menstabilkan produksi tanaman budidaya, dan menjaga keseimbangan ekosistem.

1. Pengendalian secara Fisik
   Pengendalian fisik adalah pengendalian hama dengan cara mengubah faktor lingkungan fisik sedemikian rupa sehingga dapat menimbulkan kematian pada hama dan mengurangi populasinya. Contoh cara pengendalian fisik, antara lain: pemanasan dengan suhu tinggi (> 45 ^{0}C), pendinginan dengan suhu rendah (5 ^{0}C) memasang lampu perangkap (misalnya petromaks) untuk mengumpulkan ngengat penggerek, dan memasang penghalang untuk menghalangi atau membatasi pergerakan serangga hama atau mencegah serangga hama mendekati tanaman.
2. Pengendalian mekanik.
   Pengendalian secara mekanik adalah tindakan yang dilakukan dengan tujuan untuk mematikan atau memindahkan hama secara langsung, baik dengan tangan atau dengan bantuan alat dan bahan lain. Contoh tindakan yang termasuk dalam pengendalian mekanik, antara lain: pengambilan telur, larva pupa, dan bagian-bagian tanaman yang terserang dengan tangan, melakukan *gropyokan* untuk mengendalikan atau membunuh hama tikus, memasang perangkap untuk serangga hama dengan berbagai jenis alat perangkap yang dibuat sesuai dengan jenis hama dan fase hama yang akan ditangkap, dan melakukan pengusiran hama yang sedang berada di pertanaman atau yang sedang menuju ke pertanaman (mengusir hama burung).
3. Pengendalian secara bercocok tanam (kultur teknis).
   Pengendalian secara bercocok tanam atau sering disebut dengan pengendalian secara kultur teknis adalah menciptakan kondisi agroekosistem lingkungan agar tidak sesuai untuk kehidupan dan perkembangbiakan

hama tanaman. Dengan demikian akan nengurangi laju peningkatan populasi hama. Selain itu, pengendalian secara kultur teknis juga bertujuan menciptakan kondisi lingkungan yang sesuai untuk perkembangan musuh alami. Pengendalian hama secara bercocok tanam merupakan tindakan preventif atau pencegahan sehingga harus dilakukan jauh-jauh sebelum ada serangan hama. Beberapa contoh teknik pengendalian hama secara bercocok tanam adalah: (1) melakukan sanitasi (membersihkan sisa-sisa atau bagian-bagian tanaman setelah panen) agar tidak digunakan sebagai tempat berlindung hama, (2) melakukan pengolahan tanah dengan baik (ada spesies serangga tertentu yang sebagian siklus hidupnya dalam tanah, dengan pengolahan tanah yang baik serangga tersebut akan terangkat ke atas kemudian mati karena sengatan sinar matahari ataupun ditemukan oleh musuh-musuh alaminya), (3) pengaturan air (penggenangan di sawah dapat digunakan untuk pengendalaian hama tertentu pada tanaman padi), (4) melakukan pergiliran tanaman untuk memutuskan siklus hidup hama tertentu dengan cara tidak menanam spesies tanaman yang menjadi inang dari hama tertentu, (5) penanaman serentak agar ketersediaan bahan makanan untuk hama menjadi terputus, (6) pengaturan jarak tanam yang tepat untuk mendapatkan iklim mikro yang baik sehingga menghambat perilaku hama dalam mencari makan dan tempat bertelur, dan (7) penanaman tanaman perangkap untuk menarik dan memusatkan hama pada tanaman tersebut kemudian dikendalikan dengan pestisida.

4. Pengendalian dengan Varietas Tahan

   Pengendalian dengan varietas tahan (resisten) adalah pengendalian dengan cara memilih dan menanam varietas yang tahan terhadap serangan hama. Varietas tanaman budidaya resisten karena memiliki sifat-sifat kimia, fisik atau morfologis yang tidak disukai oleh hama sehingga hama kekurangan makanan dan sekaligus menurunkan atau meniadakan hama. Daya tahan tanaman terhadap hama didefinisikan sebagai sifat-sifat

yag diturunkan oleh tanaman yang mempengaruhi derajat kerusakan oleh serangga hama. Tanaman yang tahan adalah tanaman yang tidak mempan diserang atau kalau diserang hama menderita kerusakan yang lebih sedikit bila dibandingkan dengan tanaman lain dalam keadaan lingkungan yang sama dengan tingkat populasi hama yang sama. Jadi tanaman yang tahan, kehidupan dan perkembangbiakan hama menjadi lebih terhambat dibandingkan apabila populasi tersebut berada pada tanaman yang peka atau tidak tahan. Sifat ketahanan ini merupakan sifat asli yang diturunkan atau terbawa oleh faktor genetik.

5. Pengendalian secara Biologi

   Pengendalian secara biologi atau sering disebut pengendalian hayati adalah pemanfaatan dan penggunaan musuh alami untuk mengendalikan populasi hama yang merugikan. Musuh alami adalah organisme yang dapat menyerang serangga hama. Dilihat dari fungsinya, musuh alami dikelompokkan menjadi parasitoid, predator dan patogen. Parasitoid atau Parasit adalah binatang yang hidup di atas atau di dalam binatang lain yang lebih besar yang merupakan inangnya. Parasit memakan atau mengisap cairan tubuh inangnya sehingga dapat melemahkan dan akhirnya dapat membunuh inangnya. Predator adalah organisme yang hidup bebas dengan memakan atau memangsa binatang lainnya. Predator tergolong binatang sebagai pemakan daging (karnivora) dan pemakan segala (omnivora). Individu yang memangsa disebut predator, sedangkan yang dimakan disebut mangsa. Mangsa inilah yang merupakan binatang herbivora sebagai hama pengganggu tanaman budidaya. Patogen adalah mikroorganisme (bakteri, virus dan cendawan) yang dapat menyerang serangga hama sehingga menyebabkan penyakit pada hama. Beberapa patogen dalam kondisi lingkungan tertentu dapat menjadi faktor mortalitas utama bagi hama. Oleh karena kemampuannya membunuh serangga hama maka sejak lama patogen telah digunakan dalam pengendlian hayati

6. Pengendalian Secara Kimiawi
   Pengendalian secara kimiawi adalah pengendalian hama dengan menggunakan zat kimia yang disebut pestisida. Pengendalian hama dengan cara ini biasa dilakukan dengan menyemprotkan pestisida pada tanaman budidaya. Pengendalian hama secara kimiawi sering dajadikan satu kesatuan dengan langkah pengendalian penyakit.

Permasalahan yang terjadi saat ini, pengendalian secara kimia dianggap lebih efektif dan lebih mudah dilaksanakan dari pada pengendalian dengan cara lain sehingga petani semakin cenderung menggunakan pengendalian hama dan penyakit dengan cara kimiawi. Dampaknya terjadi peningkatan kerusakan lingkungan, bahkan hasil panen tanaman yang dibudidayakan dapat mengandung residu pestisida melebihi ambang batas yang diperbolehkan. Oleh karena itu, dianjurkan penggunaan pestisida untuk pengendalian baru dilakukan apabila populasi hama telah melampaui batas ambang ekonomi (tingkat membahayakan), dan baru dilakukan sebagai langkah terakhir apabila cara-cara pengendalian yang lain (fisik, mekanis, hayati, menanam varietas tahan, biologis) tidak mampu menurunkan gejala menurunkan populasi hama. Dalam pelaksanaannya, pemilihan pestisida yang tepat dan metode penyemprotannya harus diketahui dengan baik, karena harus diingat bahwa penggunaan pestisida membawa dampak yang tidak baik terhadap tanaman dan lingkungan. Penggunaan yang tidak tepat akan menimbulkan ketahanan (resistensi) hama terhadap pestisida, terjadinya resurgensi (hama yang telah disemprot pestisida justru mengalami perkembangan populasi yang lebih besar) dan letusan hama kedua yang lebih dahsyat akibat terbunuhnya musuh alami hama. Keunggulan pestisida adalah dapat mengurangi populasi hama dalam waktu singkat.

Istilah pestisida (**pest** = pengganggu + **caedo** = pembunuh) dari segi bahasa artinya adalah pembunuh pengganggu. Namun istilah tersebut tidak dimengerti oleh petani atau masyarakat shingga kemudian dikenal menjadi

racun hama atau obat anti hama. Istilah obat juga menjadi membingungkan, karena arti obat adalah penyembuh penyakit. Untuk menghindari kecelakaan dan hal-hal yang tidak diinginkan dalam bahasa penyuluhan disarankan untuk menggunakan istilah-itilah sebegai berikut:

1. Insektisida : racun/pengendali serangga
2. Fungisida : racun/pengendali cendawan
3. Herbisida : racun/pengendali gulma
4. Nematisida : racun/pengendali nematoda
5. Akarisida : racun/pengendali tungau
6. Ovarisida : racun/pengendali telur serangga dan telur tungau
7. Bakterisida : racun/pengendali bakteri
8. Larvasida : racun/pengendali larva
9. Rodentisida : racun/pengendali tikus
10. Avisida : racun/pengedali burung
11. Mollussida : racun/pengendali bekicot
12. Sterillant : racun pemandul.

6.7.2.3. Penyakit Tanaman

Penyakit tanaman adalah gangguan pada tanaman yang disebabkan oleh mikroorganisme sehingga tanaman tidak bereproduksi atau mati secara perlahan-lahan. Mikroorganisme yang menyebabkan tanaman menjadi sakit adalah jamur atau cendawan, bakteri, virus, protozoa, nematoda, dan lain lain. Nematoda sebagai penyebab penyakit sering menjadi perdebatan (*debatable*). Dia dikategorikan sebagi penyebab penyakit tanaman karena termasuk kelompok mikroorganisme, tetapi sering juga nematoda dikategorikan sebagai hama karena cara merusaknya sama dengan hama.

Penyebab penyakit tanaman secara umum ada dua, yaitu faktor biotik dan abiotik. Penyakit tanaman yang disebabkan oleh faktor biotik adalah penyakit yang diakibatkan oleh organisme penganggu misalnya cendawan, bakteri, virus, cacing, benalu, dan lain-lain, sedangkan penyakit yang disebabkan oleh faktor abiotik misalnya defisensi hara, kerusakan yag timbul akibat terlalu lembab atau tanamana

mengalami keekringn. Cara membedakan antara penyakit biotik dan penyakit abiotik adalah pada penyakit abiotik biasanya gejala kerusakan rata pada satu hamparan tanaman sedangkan pada penyakit yang diakibatkan faktor biotik gejala serangan cenderung tidak merata. Penyebaran penyakit karena faktor abiotik dapat melalui angin, air, serangga, dan lain-lain, atau ditularkan melalui kontak langsung dengan tanaman yang sakit ataupun alat alat pertanian yang sudah terkontaminasi.

Ciri-ciri penyakit tanaman berbeda dengan ciri-ciri hama tanaman. Adapun ciri-ciri penyakit tanaman antara lain:

1. Penyebab penyakit sukar dilihat oleh mata telanjang.
2. Penyebab penyakit antara lain mikroorganisme (virus, bakteri, jamur atau cendawan) dan kekurangan zat tertentu dalam tanah.
3. Serangan penyakit umumnya tidak langsung sehingga tanaman mati secara perlahan-lahan.

Organisme patogen menimbulkan penyakit dengan cara (Semangun, 2006):

1. Menyerap zat makanan atau isi sel secara terus-menerus sehingga tumbuhan inang menjadi lemah, contohnya bakteri, benalu, nematoda, dan virus.
2. Membunuh sel atau merusak aktivitas metabolism sel inang dengan cara mengeluarkan zat, seperti enzim atau racun (toksin) ke dalam sel inang. Contohnya jamur penyebab layu daun pada kentang (*Phythophthora infestant*) dan jamur penyebab gosong pada biji jagung (*Ustilago maydis*).
3. Menganggu transportasi zat makanan, mineral, dan air pada pembuluh angkut inangnya. Contohnya, jamur penyebab layu daun pada tomat (*Fusariom axysporum*).
4. Menghalangi proses fotosintesis, misalnya dengan membentuk embun jelaga menutupi daun sehingga daun tanaman urang/tidak mampu menyerap cahaya..

Tanaman dikatakan sakit apabila ada perubahan atau gangguan pada organ-organ tanaman. Tanaman yang sakit menyebabkan pertumbuhan dan perkembangannya tidak normal. Ciri-ciri tanaman terjangkit penyakit, antara lain layu (tanaman yang layu karena sakit berbeda dengan yang

kekurangan air), rontok (terjadi pada daun, ranting, buah dan bunga secara bersamaan dan disertai dengan adanya busuk), perubahan warna daun misalnya daun menjadi berwarna kuning, redup atau hijau pucat dalam jumlah banyak, daun berlubang biasanya diawali oleh bercak berbentuk lingkaran kemudian kering dan terbentuk lubang, daun mengeriting atau, daun kerdil meneriting, serta busuk pada batang daun atau buah.

6.7.2.4. Pengendalian Penyakit Tanaman

Pengendalian penyakit tanaman dilakukan bertujuan untuk melindungi tanaman atau mengurangi tingkat kerusakan tanaman. Pengendalian penyakit dapat dilakukan dengan berbagai cara yang pada dasarnya adalah pengelolaan segitiga penyakit, yaitu menekan populasi patogen serendah-rendahnya, membuat tanaman tahan terhadap serangan patogen, serta mengusahakan lingkungan agar menguntungkan tanaman tetapi tidak menguntungkan kehidupan patogen. Namun, dari berbagai cara pengendalian yang dapat dilakukan untuk mengendalikan penyakit tumbuhan, dan cara-cara tersebut kemudian dikelompokkan menjadi cara fisik, mekanis, kultur teknis, kimiawi, biologis (hayati), dan penggunaan varietas tahan, umumnya secara prinsip teknik pengendalian penyakit tanaman serupa dengan teknik pengendalian hama tanaman. Yang membedakan kedua teknik pengendalian tersebut hanya objeknya. Objek hama tanaman pada umumnya lebih besar dan dapat dilihat dengan mata telanjang, tetapi objek penyakit tanaman lebih halus (mikroorganisme). Objek hama tanaman umumnya adalah binatang, tetapi objek penyakit tanaman selain binatang, juga tumbuhan, virus, dan jasad mikro lainnya.

Selain teknik dan metode pengendalian hama yang telah diuraikan sebelumnya, dalam pengendalian penyakit tanaman ada hal yang perlu disampaikan, yaitu pengendalian penyakit tanaman dengan peraturan (undang-undang) yaitu melalui **karantina** dan **eradikasi**. Peraturan yang dimaksud disini adalah peraturan pemerintah tentang

usaha membersihkan patogen yang baru saja masuk ke suatu wilayah baru (**eradikasi**) sesuai Undang-Undang Nomor 12 tahun 1992 tentang Sistem Budidaya Tanaman dan usaha mencegah masuknya suatu patogen ke suatu wilayah baru yang masih bebas patogen (**karantina**) sesuai Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 1992 tentang Karantina Hewan, Ikan dan Tumbuhan serta Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2002 tentang Karantina Tumbuhan.

a. Karantina Tumbuhan

Karantina tumbuhan bertujuan mencegah pemasukan dan penyebaran OPT ke suatu negara atau daerah yang masih bebas dari OPT tersebut. Dapat dikatakan bahwa karantina mencegah pemasukan dan penyebaran hama dan penyakit melalui tumbuhan (plant) dan hasil tumbuhan *(plant product)* dengan menggunakan Undang-undang, sehingga terutama hanya akan berguna bagi penyakit yang disebarkan lewat perdagangan. Yang dimaksud dengan tumbuhan *(plant)* adalah semua atau bagian tumbuhan hidup termasuk di dalamnya biji, sedangkan yang dimaksud dengan hasil tumbuhan *(plant product)* adalah bahan mentah atau bahan yang telah diolah yang berasal dari tumbuhan. Bahkan beberapa negara memasukkan semua faktor yang memungkinkan untuk dipergunakan oleh hama dan penyakit sebagai medium tumbuh ataupun yang mungkin mengalami kontaminasi oleh parasit-parasit, misalnya pembungkus, kompos, tanah, dan-lain-lain dijadikan objek dalam karantina. Pada umumnya penularan jarak jauh yang efektif dilakukan oleh manusia, baik secara tidak disengaja maupun terbawa bersama dengan bahan tanaman yang dibawa. Sehubungan dengan semakin majunya sistem transportasi, dengan mudah manusia dapat mengangkut bahan tumbuhan dari suatu tempat ke tempat lain dalam waktu yang relatif singkat, sehingga bahaya pemasukan organisme pengganggu menjadi lebih besar, dan karenanya pemeriksaan kesehatan tumbuhan harus dilakukan dengan lebih teliti.

Istilah karantina *(quarantine)* berasal dari kata **quaranta** yang berarti "**empat puluh**", karena dulu jika ada

kapal yang membawa penumpang yang berpenyakit menular, kapal itu harus menunggu selama empat puluh hari di pelabuhan, dan setelah jangka waktu itu orang-orang yang masih hidup dianggap telah bebas dari penyakit dan diizinkan turun ke darat.

Pelaksanaan karantina tumbuhan dilakukan melalui peraturan-peraturan karantina, baik secara nasional maupun internasional, perjanjian bilateral dan multilteral, konvensi dan kerjasama regional. Tujuannya adalah mencegah penyebaran jenis OPT yang selama ini dianggap potensial merugikan tanaman pertanian atau tanaman lainnya. Karantina merupakan bagian integral program ketahanan pangan dari aspek perlindungan keamanan pangan dari cemaran biologis berupa organisme pengganggu yang berfungsi mencegah pada lini pertama *(first line of defense)* dari ancaman masuknya OPT asing yang dapat terbawa pada komoditas pertanian, orang, dan barang.

Karantina tumbuhan sangat penting karena setiap tumbuhan dan bagian-bagiannya yang dilalu-lintaskan antar negara atau antar pulau dalam wilayah Republik Indonesia selalu mempunyai risiko sebagai pembawa OPT yang dapat mengancam produksi pertanian. Oleh karena itu, setiap media pembawa yang dimasukkan ke dalam wilayah RI atau yang dilalulintaskan antar area di dalam wilayah RI dikenakan tindakan karantina. Tindakan karantina meliputi; pemeriksaan, pengasingan, pengamatan, perlakuan, penahanan, penolakan, pemusnahan dan pembebasan.

Pelaksaaan karantina tumbuhan di Indonesia ditetapkan melalui Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 1992 tentang Karantina Hewan, Ikan dan Tumbuhan serta Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2002 tentang Karantina Tumbuhan. Dalam ketentuan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 1992 diatur persyaratan pemasukan (impor) dan pengeluaran (ekspor) yang cukup ketat yaitu keharusan adanya Surat Kesehatan Tanaman *(Phytosanitary Certificate)* dan Surat Kesehatan Hewan *(Animal Health Certificate)* dari negara asal/tujuan menyertai komoditas yang dilalulintaskan. Importir atau eksportir berkewajiban melaporkan tentang

tibanya suatu komoditas untuk kemudian dilakukan pemeriksaan oleh petugas karantina sebelum dikeluarkan dari Kantor Pabean.

2. Eradikasi (Pembersihan)

Eradikasi adalah pembersihan atau pemusnahan total tanaman yang terserang penyakit sampai ke akarnya atau pemusnahan seluruh inang untuk membasmi suatu penyakit. Eradikasi dilakukan apabila ada OPT yang berbahaya dan mengancam keselamatan tanaman secara luas. Pemerintah dapat memerintahkan atau melakukan eradikasi jika terdapat pertanaman dengan OPT yang berbahaya dan mengancam. Dalam undang-undang nomor 12 tahun 1992 tentang Sistem Budidaya Tanaman tertulis bahwa pemerintah dapat melakukan atau memerintahkan dilakukannya eradikasi apabila terdapat organisme pengganggu tumbuhan yang dianggap sangat berbahaya dan mengancam keselamatan tanaman secara luas. Kepada pemilik tanaman yang tidak terserang, tetapi harus dimusnahkan dalam rangka eradikasi, dapat diberikan ganti rugi.

Eradikasi sangat penting untuk pembersihan penyakit-penyakit yang baru saja masuk ke suatu daerah agar secepat mungkin dapat dihilangkan sebelum meluas. Usaha pembersihan tersebut harus dilakukan oleh semua penanam, sebab kalu tidak dmaka usaha eradikasi akan sia-sia. Oleh Karena itu, tindakan harus didasarkan atas peraturan yang dikeluarkan oleh pemerintah sehingga cara pengendalian penyakit ini disebut sebagai pengendalian dengan peraturan. Tanpa peraturan yang tegas, para penanam yang tanamannya belum menunjukkan gejala, meskipun kemungkinan besar telah terjangkit, akan sulit untuk mau membongkar tanamannya. Contoh pengendalian penyakit dengan cara radikasi di Indonesia pernah dilakukan dalam pengendalian penyakit CVPD pada jeruk. Eradikasi hanya akan berhasil bila dilakukan terhadap penyakit yang meluas dengan lambat, tetapi kurang baik bila diterapkan untuk penyakit yang menyebar lewat udara dengan cepat.

6.8. Pengendalian Pertumbuhan Tanaman

Pengendalian pertumbuhan tanaman adalah upaya mengontrol pertumbuhan tanaman agar sesuai dengan yang diinginkan serta menjaga keamanan dan kesehatan tanaman itu sendiri. Dalam uraian ini akan dibahas dua macam teknik pengendalian tanaman yaitu secara fisik dan kimiawi.

6.8.1. Pengendalian Pertumbuhan Secara Fisik

Penendalian pertumbuhan tanaman secara fisik secara umum dapat dilakukan dengan 3 cara yaitu pemangkasan (*pruning*), pelatihan (*training*) dan pemotongan ujung pucuk atau ranting/topiari (*topping*).

a. Pemangkasan (*pruning*)

Pemangkasan yaitu pemotongan atau pembuangan bagian tanaman seperti cabang, ranting, anakan, dan lain-lain untuk mendapatkan tanaman dengan bentuk atau ukuran tertentu dengan harapan nantinya tanaman akan tumbuh dan berkembang lebih baik sesuai dengan keinginan. Tujuan dilakukannya pemangkasan banyak macamnya, diantaranya membuat tanaman lebih kokoh, membentuk habitus (kanopi) pendek, untuk perawatan agar pertumbuhannya seimbang, membuang bagian yang terserang hama penyakit, mempercepat pembungaan dan pembuahan, dan lain-lain.

Dalam pelaksanaannya terdapat dua dasar pemangkasan, yaitu pemancungan (*heading back*) dan penipisan (*thinning out*). Pemancungan merupakan pembuangan atau pemotongan bagian ujung suatu cabang sampai tinggal satu tunas. Pemancungan dapat memecahkan dominansi apikal, sehingga setelah pemancungan biasanya terjadi pertumbuhan vegetatif yang lebat sebagai akibat dari tumbuhnya tunas-tunas lateral. Oleh karena itu, pemancungan cenderung menghasilkan pertumbuhan tanaman dengan pola menyemak (*bush*) dan kompak. Apabila pemancungan dilakukan terhadap tanaman yang tengah aktif tumbuh, maka diistilahkan sebagai perompesan. Sedangkan penipisan adalah pembuangan cabang-cabang dengan

meninggalkan hanya cabang lateral atau batang utama. Penipisan memiliki pengaruh yang berlawanan dengan pemancungan, yaitu meningkatkan pemanjangan dari cabang yang tetap dipelihara. Hasil akhirnya, pertumbuhan cabang-cabang lateral menjadi berkurang. Dengan penipisan, pohon-pohon yang tumbuhnya lemah dapat menjadi lebih terbuka sehingga menghasilkan suatu bentuk tanaman yang lebih besar (tetapi bukan lebat). Penipisan juga dapat ditujukan untuk meremajakan pohon-pohon tua sehingga merangsang pertumbuhan titik-titik ditinggalkan. Penipisan terhadap pohon yang sedang aktif tumbuh dinamakan perompesan tunas atau deshooting.

Teknik pemangkasan dibedakan menjadi 4 macam, yaitu pemangkasan bentuk, pemangkasan produksi, pemangkasan pemeliharaan, dan pemangkasan rejuvinasi.

1. Pemangkasan bentuk.

Pemangkasan bentuk befungsi untuk membentuk tanaman, dilakukan saat tanaman masih agar pohon tanaman bisa dibentuk sesuai standar operasional prosedur (SOP yang telah ditetapkan, bahkan bisa sesuai selera petani atau pemilik tanaman.

Prinsip dasar pemangkasan bentuk adalah posisi/letak cabang sekunder menyebar merata (simetris), pertumbuhan cabang lebih kuat dan bagus untuk mendukung pembuahan, dan tinggi dan struktur pohon ideal tercapai. Pemangkasan bentuk di Thailand sudah menjadi trend, bahkan telah diterapkan secara komersial oleh petani sejak tahun 2000-an pada mangga, jambu biji, durian, dan lain-lain. Penerapan pemangkasan yang baik menghasilkan habitus kecil sehingga bisa ditanam dengan jarak tanam rapat. Pada beberapa jenis tanaman seperti mangga dan kakao, pemangkasan bentuk menggunakan formasi 1-3-9. Artinya satu batang utama akan tumbuh menjadi beberapa caang primer. Dari beberapa cabang primer tersebut dipilih 3 cabang dengan pertumbuhan paling baik, posisi tumbuhnya seimbang dengan pertumbuhan yang proporsional. Setelah beberapa waktu 3 cabang primer tersebut dipangkas lagi agar mendapatkan masing-maing 3 cabang sekunder dengan

pertumbuhan paling baik, posisi tumbuhnya seimbang dengan pertumbuhan yang proporsional.

2. Pemangkasan Produksi

Pemangkasan produksi yaitu pemangkasan yang bertujuan untuk merangsang munculnya tunas-tunas produktif, khususnya tunas-tunas yang berada di tajuk bagian terluar dari tanaman. Semakin banyak tunas produktif di ujung ranting, maka potensi munculnya bunga dan buah juga semakin banyak. Prinsip dasar pemangkasan produksi adalah memelihara kerangka tanaman yang sudah baik sebagai hasil dari pemangkasan bentuk tetap bisa dipertahankan, mengurangi pertumbuhan vegetatif yang berlebihan, mengatur penyebaran daun produktif, merangsang pembentukan daun baru, bunga dan buah, serta menghindari serangan hama dan penyakit. Pemangkasan produksi dilakukan pada ranting dan daun di bagian tengah tanaman yang tidak produktif dan tumbuh tidak beraturan, termasuk memangkas habis semua tunas air yang tumbuh lurus, tegak lurus di cabang primer maupun cabang sekunder. Tunas air merupakan tunas yang bersifat parasit dan tumbuh sangat cepat, melebihi kecepatan pertumbuhan tunas-tunas lainnya. Dikatakan parasit karena mengambil fotosintat hasil fotosintesis sebagai energi pertumbuhannya, tetapi tidak memberikan manfaat.

3. Pemangkasan Pemeliharaan

Pemangkasan pemeliharaan adalah pemangkasan yang ditujukan untuk memeliharan kesehatan tanaman secara keseluruhan dengan melakukan pemangkasan bersamaan dengan pemberian pupuk, penggemburan tanah, dan lain-lain. Umumnya dilakukan sesaat setalah panen atau pasca tanaman menyelesaikan periode berbuah karena saat itu energi tanaman terkuras habis. Pengurasan energi dimulai saat mulai berbunga kemudian diikuti saat pentil buah terbentuk hingga buah masak fisiologis. Prinsip dasar pemangkasan pemeliharaan adalah agar terjadi keseimbangan antara pertumbuhan vegetatif dan reproduktif. Pemangkasan pemeliharaan dilakukan dengan

memangkas ranting mati atau terserang penyakit, memotong ranting-ranting yang terlindung dan ternaungi, memangkas tunas air, memotong cabang yang ujungnya masuk ke dalam tajuk tanaman didekatnya, atau memangkas anakan yang tidak diperlukan bagi pohon yang menghasilkan anakan seperti pisang, salak, dan lain-lain.

4. Pemangkasan Rejuvinasi.

Pemangkasan rejuvinasi (pemangkasan peremajaan) adalah pemangkasan yang dimaksudkan untuk meremajakan pohon. Berbeda dengan pemangkasan bentuk, pemangkasan produksi dan pemangkasan pemeliharaan, pemangkasan rejuvinasi hanya bisa dipraktekkan pada tanaman yang sifat genetisnya bisa diremajakan kembali misalnya kopi dan kakao. Pemangkasan rejuvinasi dilakukan dengan memotong batang utama pada ketinggian lebih kurang 40-50 cm di atas tanah, bertujuan untuk memperoleh batang muda. Pemangkasan ini dilakukan apabila produksi pohon rendah tetapi keadaan pohon masih sehat dan kokoh. Tujuannya tidak lain untuk meremajakan batang tanaman agar kualitasnya meningkat kembali. Waktu yang ideal mengerjakannya ialah pada saat awal musim hujan. Peremajaan dapat dilakukan pada seluruh tanaman di areal kebun atau secara selektif pada pohon-pohon yang produksinya rendah saja tapi pohonnya masih baik, seha dan kokoh.

b. Pelatihan (*Training*)

Pelatihan (*training*) pada tanaman secara umum adalah pengarahan pertumbuhan tanaman dalam dimensi ruang untuk mendapatkan struktur pohon yang seimbang agar kanopi tanaman mengisi ruang (*space*) yang ada semaksimal mungkin. Namun untuk tanaman hias, paltihan lebih dimaksudkan untuk mendapatkan arsitektur pohon yang unik dan eksotik.

Teknik pelatihan bermacam-macam tergantung dari tujuannya. Secara umum ada yang sekedar memberikan penopang atau ajir misalnya pada tomat, buncis, dan cabai

besar, agar tanaman dapat tumbuh normal dan pada saat berbuah tidak rebah, tetapi ada yang lebih kompleks misalnya dengan melenturkan, membengkokkan, merebahkan, menjulurkan, melilitkan atau mengikat tanaman pada suatu bahan atau struktur penunjang. Prinsip dasar dari pelatihan adalah untuk mengendalikan bentuk dan pertumbuhan tanaman selama periode tumbuh (hidup) tanaman.

Pelatihan bertujuan untuk memperoleh bangun (*performance*) kanopi tanaman yang telah ditentukan dalam usaha mencapai produktivitas lebih besar, mutu lebih baik, kegiatan pemeliharaan dan budidaya lebih mudah, atau mendapatkan keindahan tampilan sesuai dengan selera dan tuntutan konsumen agar tanaman tampil lebih indah dan menarik. Faktor utama yang menentukan bentuk ialah posisi atau lokasi titik cabang pada batang pokok/utama dan arahan berikutnya. Cabang dapat diarahkan ke sekeliling batang pada suatu bidang untuk memperoleh bentuk alami, atau diarahkan pada suatu bidang untuk memperoleh bangun datar (dikenal sebagai *espalier* = pundak) dan bentuk tiga dimensi.

c. Pembuangan Pucuk Apikal (*Topping*)

Pemotongan pucuk apikal (*topping*) atau belakangan sering disebut **"topiari atau toping"** adalah perlakuan fisik berupa pembuangan pucuk pada batang utama dengan maksud merangsang pertumbuhan tunas lateral lebih banyak, meningkatkan kuantitas dan kualitas hasil, serta mengatur tampilan tanaman agar lebih simetris, unik dan eksotik.

Toping untuk merangsang pertumbuhan tunas lateral dilakukan pada tanaman yang memiliki dominansi pucuk apical. Dengan membuang pucuk batang utama maka dominansi apikal ditiadakan sehingga tumbuh tunas-tunas baru pada ketiak daun disepanjang batang utama. Dengan demikian percabangan tanaman menjadi lebih baik. Topiari untuk meningkatkan kuantitas dan kualitas hasil antara lain dilakukan pada tanaman jagung dan tembakau.

Pada jagung, toping dilakukan dengan memotong bagian tanaman (pucuk yang terdiri atas batang dan daun) di atas tongkol ketika biji pada tongkol sudah masak fisiologis. Hasil potongan digunakan untuk makanan ternak. Pembuangan tersebut dari segi produksi biji tidak akan menurun karena biji sudah masak secara fisiologis yang pada jagung diciirikan oleh mlai keringnya rambut tongkol. Seringkali sebelum toping pada jagung didahului dengan perompesan daun (*defoliasi*) yaitu pembuangan daun yang sudah kering di bawah tongkol agar daun-daun tersebut tidak menjadi daun parasit atau competitor bagi biji untuk mendapatkan fotosintat.

Toping juga dilakukan pada tembakau untuk meningkatkan kualitas daun, yaitu dengan membuang pucuk yang berisi tunas vegetaif, bunga dan buah. Analoginya ketika dilakukan toping, asupan makanan yang seharusnya dialirkan ke tunas dan bunga akan di alirkan ke daun karena pucuk tembakau sudah dipotong. Toping harus dilakukan pada saat yang tepat. Bila dilakukan ketika bunga sudah mekar maka dikatakan topping yang terlambat. Toping yang benar pada tembakau adalah ketika jumlah daun yang dikehendaki sudah cukup.

Toping untuk mengatur tampilan tanaman agar lebih simetris dan indah umumnya dilakukan untuk tanaman hias dengan cara cabang-cabang lateral yang tumbuh setelah tanaman ditoping diatur dan diarahkan sedemikian rupa agar tampilan tanaman menjadi unik dan eksotik. Toping seringkali diterapkan pada bonsai dan jenis tanaman hias dengan daun bertekstur halus dan lebat.

6.8.2. Pengendalian Pertumbuhan Secara Kimiawi

Pengendalian pertumbuhan tanaman secara kimiawi pada dasarnya bertujuan sama seperti pengendalian pertumbuhan secara fisik. Bedanya adalah dalam pengendalian pertumbuhan secara kimiawi menggunakan bahan-bahan atau zat kimia. Zat kimia yang digunakan terutama adalah golongan zat pengatur tumbuh tanaman. Contohnya, penyemprotan paklobutrasol sebagai hormon

anti giberelin untuk membuat tampilan tanaman lebih pendek dan kompak karena paklobutrazol menghambat pemanjangan sel mersitem. Pada tembakau untuk mengatasi pertumbuhan tunas samping (*sucker*) sehingga tidak perlu membuang tunas samping secara fisik dengan tenaga manusia (mewiwil) digunakan zat kimia yang disebut sucrisida. Untuk Secara umum penggunaan zat pengatur tumbuh golongan promoter (auksin, giberelin dan sitokinin) adalah untuk mempercepat pertumbuhan sedangkan golongan inhibitor (penghambat) seperti ABA)asam absisat, etilen, paklobutrazol dan fenolik, digunakan untuk menghambat pertumbuhan sekaligus merangsang organ generatif.

6.9. Penanganan Pasca Panen

Apabila dilihat kegiatan pertanian dari hulu sampai ke hilir, mulai dari kegiatan budidaya di lapang produksi sampai dengan pasca panen dan pengolahan hasil, maka kualitas dan kuantitas produk pertanian yang dinikmati oleh konsumen sangat ditentukan oleh 3 hal penting, yaitu cara budidaya yang baik (*Good Agricultural Practices/GAP),* penanganan pascapanen yang baik *(Good Handling Practices/GHP),* dan pengolahan hasil yang baik (*Good Manufacturing Practices/GMP*).

GAP menurut Surat Keputusan Menteri Pertanian Nomor 48 Tahun 2010 adalah langkah-langkah baku dalam budidaya tanaman secara baik dan benar sejak dari pengolahan tanah, pemilihan benih, penanaman, pemeliharaan, pemupukan, pengairan, pengendalian OPT, dan lain-lain, dengan mengacu pada teknologi yang direkomendasikan dan prinsip *traceability* (dapat ditelusuri asal-usulnya dari pasar sampai kebun). Sasaran GAP adalah produk pertanian aman dikonsumsi, lingkungan lestari dan petani sejahtera. Selanjutnya GHP menurut Peraturan Menteri Pertanian Nomor 44 tahun 2009 adalah cara penanganan pasca panen hasil pertanian yang baik agar menghasilkan pangan bermutu, aman, dan layak dikonsumsi. Sasaran GHP adalah menekan kehilangan/kerusakan hasil,

memperpanjang daya simpan, mempertahankan kesegaran, meningkatkan daya guna, meningkatkan nilai tambah dan daya saing, meningkatkan efisiensi penggunaan sumberdaya dan sarana, memberikan keuntungan yang optimum, dan mengembangkan usaha pascapanen yang berkelanjutan. Sedangkan GMP adalah pedoman umum dalam melaksanakan kegiatan usaha pengolahan hasil pertanian secara baik dan benar, sehingga menghasilkan produk olahan yang memenuhi standar mutu olahan yang aman untuk dikonsumsi masyarakat. Berdasarkan rantai kegiatan pertanian dari hulu sampai ke hilir seperti uraian di atas, maka penanganan pasca panen merupakan salah satu proses penting yang harus diperhatikan dengan baik.

Pasca panen dalam pertanian didefinisikan sebagai tindakan atau perlakuan yang diberikan pada hasil pertanian setelah panen sampai komoditas yang bersangkutan berada di tangan konsumen. Secara lebih sederhana menurut Thompson (2003) pasca panen adalah seluruh kegiatan sejak dari panen hingga menjadi bahan siap dikonsumsi. Secara keilmuan definisi tersebut lebih tepat disebut pasca produksi (*post production*) yang dapat dibagi dalam dua bagian, yaitu:

1. Pasca panen (*post harvest*) atau sering disebut dengan pengolahan primer (*primary processing*) yaitu semua tindakan atau perlakuan dari mulai panen sampai komoditas dapat dikonsumsi "segar" atau menjadi bahan baku yang siap disimpan, dipasarkan atau diolah lebih lanjut. Dalam pengolahan primer ini perlakuan yang diberikan umumnya tidak mengubah bentuk penampilan atau penampakan, kedalamnya termasuk berbagai aspek dari pemasaran dan distribusi.
2. Pengolahan (*processing*) atau sering disebut dengan pengolahan sekunder (*secondary processing*) yaitu semua tindakan atau perlakuan mengubah hasil tanaman ke kondisi lain atau bentuk lain sampai menjadi bahan jadi atau siap dikonsumsi agar tahan lebih lama (pengawetan) dan mencegah perubahan yang tidak dikehendaki. Ke dalamnya termasuk pengolahan pangan dan pengolahan industri .

Tujuan dari kegiatan pasca panen menurut Thompson (2003) adalah:

1. Mengurangi kehilangan/susut bobot (*losses*) hasil pertanian pada tiap rantai penanganan.
2. Mempertahankan mutu dan nilai nutrisi sesuai dengan yang diinginkan konsumen.
3. Memperpanjang masa simpan (*shelf life*) hasil pertanian sehingga dapat meningkatkan ketersediaan atau pasokan sesuai jumlah, mutu, lokasi, dan waktu yang dibutuhkan konsumen.
4. Mencegah kerusakan fisik, fisiologis dan mikrobiologis.
5. Memperlambat perubahan kimiawi yang tidak diinginkan.
6. Mencegah kontaminasi bahan asing.

Pascapanen adalah tahap penanganan hasil pertanian segera setelah pemanenan. Tahapan penanganan pasca panen yaitu panen, pengumpulan, sortasi, pencucian, grading, pengemasan, penyimpanan dan pendinginan, dan distribusi.

1. Panen.

Panen adalah pemungutan hasil pertanian yang telah cukup umur. Panen merupakan pekerjaan akhir dari budidaya tanaman (bercocok tanam) tetapi merupakan awal dari pekerjaan pasca panen. Komoditas yang dipanen tersebut selanjutnya akan melalui berbagai tahapan kegiatan dan jalur-jalur tataniaga sampai berada di tangan konsumen. Panjang-pendeknya jalur tata niaga menentukan tindakan panen dan pasca panen yang bagaimana yang sebaiknya dilakukan. Hal paling penting yang harus diperhatikan dalam tahap pemanenan ini adalah menentukan waktu panen yang tepat. Panen yang tepat adalah pada saat masak fisiologis. Pada biji-bijian dan buah-buahan secara definisi yaitu saat matang atau pengisian organ penyimpanan telah selesai. Cara menentukan waktu panen yang tepat dapat dilakukan dengan berbagai cara, yaitu:

- Cara visual atau penampakan, yaitu dengan melihat warna kulit, bentuk buah, ukuran, perubahan bagian tanaman seperti daun mongering, dan lain-lain.
- Cara fisik, yaitu dengan perabaan misalnya buah lunak, umbi keras, buah mudah dipetik, dan lain-lain.
- Cara komputasi, yaitu menghitung umur tanaman dari sejak tanam atau umur buah dari mulai bunga mekar.
- Cara kimia, yaitu dengan melakukan pengukuran atau analisis kandungan zat atau senyawa tertentu yang ada dalam tanaman, misalnya kadar gula, kadar tepung, kadar asam, aroma, dan lain-lain.

2. Pengumpulan

Pengumpulan adalah mengumpulkan hasil panen untuk mempermudah penyortiran. Lokasi pengumpulan atau penampungan hasil akan lebih baik kalau didekatkan dengan tempat pemanenan agar tidak terjadi penyusutan atau penurunan kualitas akibat pengangkutan ke tempat penampungan yang teralu lama atau terlalu jauh. Hal yang juga perlu diperhatikan dalam tahap pengumpulan adalah tindakan penanganan dan spesifikasi wadah yang digunakan agar disesuaikan dengan sifat dan karakteristik komoditi yang ditangani.

3. Sortasi

Sortasi adalah pemisahan hasil panen antara yang baik dan jelek sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan. Hasil pertanian setelah dipanen perlu dilakukan sortasi dan pembersihan, dengan cara memisahkan hasil pertanian yang berkualitas baik dengan yang kurang baik (cacat, luka, busuk, bentuknya tidak normal, dan lain-lain) Pada proses sortasi sekaligus dapat dilakukan proses pembersihan (membuang kotoran atau bagian-bagian yang tidak diperlukan). Selama sortasi harus diusahakan agar terhindar dari kontak sinar matahari langsung karena akan menurunkan bobot atau terjadi pelayuan dan meningkatkan aktivitas metabolisme yang dapat mempercepat proses pematangan.

4. Pencucian

Pencucian adalah mencuci produk hasil sortasi agar erbebas dari kotoran, hama dan penyakit. Pencucian dilakukan dengan menggunakan air bersih yang mengalir untuk menghindari kontaminasi. Pencucian dengan air juga berfungsi sebagai *pre-cooling* untuk mengatasi kelebihan panas yang dikeluarkan produk saat proses pemanenan. Hasil pertanian yang telah dicuci selanjutnya ditiriskan agar terbebas dari sisa air yang mungkin masih melekat dan ditempatkan pada tempat tertentu. Untuk mempercepat penirisan dibantu dengan kipas angin.

5. Grading

Grading adalah pengkelasan hasil pertanian sesuai dengan standard yang telah ditetapkan atau sesuai dengan permintaan konsumen. Grading dilakukan berdasarkan berat, besar, bentuk rupa, warna, bebas dari hama dan penyakit penyakit, dan cacat lainnya dimaksudkan untuk mendapatkan hasil pertanian yang bermutu baik dan seragam dalam satu golongan/ elas yang sama. Grading dapat dilakukan di tempat panen atau di tempat pengumpulan. Selama *grading* harus diusahakan terhindar dari kontak sinar matahari langsung karena akan menurunkan bobot atau terjadi pelayuan dan dapat meningkatkan aktivitas metabolisme yang dapat mempercepat proses pematangan.

6. Pengemasan

Pengemasan adalah memberikan perlindungan terhadap produk pertanian untuk mengurangi terjadinya kerusakan karena benturan sesama produk selama penyimpanan, mencegah komoditi dari kerusakan mekanis, menciptakan daya tarik bagi konsumen, memberikan nilai tambah produk dan memperpanjang daya simpan produk. Pertimbangan yang perlu diperhatikan dalam pengemasan adalah kemasan harus memberi perlindungan terhadap sifat mudah rusak dari hasil pertanian, kemasan harus cocok dengan kondisi pengangkutan, harga dan tipe kemasan harus sesuai dengan nilai hasil pertanian yang dikemas. Di Indonesia pengemasan

hasil pertanian pada umumnya menggunakan keranjang, karung, dus karton dan plastik.

7. Penyimpanan dan Pendinginan

Pendinginan dilakukan untuk menekan enzim respirasi agar aktivitasnya serendah mungkin sehingga laju respirasinya kecil dan produk terjaga kesegarannya, sedangkan penyimpanan adalah untuk mempertahankan daya simpan komoditi dan melindungi produk dari kerusakan. Ruang penyimpanan umumnya tidak mampu untuk mendinginkan hasil pertanian secara cepat, sehingga perlu dilakukan prapendinginan. Tujuan prapendinginan adalah untuk menghilangkan dengan cepat panas dari lapang sebelum penyimpanan/pengangkutan, terutama penting bagi hasil pertanian yang mudah rusak.

8. Transportasi

Transportasi adalah usaha mengangkut dan mendistribusikan hasil pertanian yang telah melewati tahap-tahap pascapanen, dapat dilakukan dengan tiga cara pengangkutan melalui jalan darat (dipikul, sepeda, kendaraan bermotor, kereta api), pengangkutan laut (perahu dan kapal laut) dan pengangkutan melalui udara (pesawat udara). Dalam teknik pasca panen, faktor yang perlu diperhatikan dalam transportasi produk pertanian adalah kondisi lingkungan dan gangguan selama transportasi. Kondisi lingkungan yang perlu diperhatikan yaitu temperatur dan kelembaban sehingga dalam transportasi pengaturan kondisi udara diperlukan. Gangguan selama transportasi antara lain kemungkinan konaminasi patogen, getaran, tubrukan antara produk pertanian dan produk pertanian dengan pengemasnya.

PUSTAKA

Abdulrachman, S., M. J. Mejaya, N. Agustiani, I. Gunawan, P. Sasmita dan A. Guswara. 2013. Sistem Tanam Legowo. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian, Jakarta. 26 hal.

Acquaah, G. 2009. Horticulture. Principles and Practices. Fourth Edition. Pearson Practice Hall. Upper Sadle River, New Jersey, Columbus, Ohio. 760p.

Ankerman, D. and R. Large. 2007. Agronomy Handbook. Midwest Laboratories, Inc. Omaha. 135p.

Ashton, F.M. and A.S. Crafts. 1981. Mode of Action of Herbicides. Second edition. John Wiley & Sons, New York.

Badan Pusat Statistik (2015). Perkembangan Ekspor Impor Komoditas Pertanian Indonesia. Badan Pusat Statistik, Jakarta.

Bakhtiar dan E. Hayati. 2015. Pemuliaan Tanaman. Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh. Bhratara Karya Aksara, Jakarta. 295 hal.

Behera, U.K., and A.R. Sharma. 2007. Integrated Farming System; Modern Concepts of Agriculture. Indian Agricultural Research Institute, New Delhi. 137p.

Buckman, H.O., dan N.C. Brady. 1986. Ilmu Tanah. Terjemahan Soegiman.

Brundrett, M. 2009. Mycorrhizal Associations and other Means of Nutrition of Vascular Plants: Understanding the Global Diversity of Host Plants by Resolving Conflicting Information and Developing Reliable Means of Diagnosis. Plant and Soil 320:37-77.

Campbell, N.A., J.B. Reece, and L.G. Mitchell. 2008. Biology. Fifth Edition. Benjamin-Cummings Publishing Company. University of Virginia. 1280p.

Carleton, M.A. 1908. Development and proper status of agronomy. Journal of the American Society of Agronomy 1:17-23

Chandrasekaran, B., K. Annadurai, and E. Somasundaran. 2010. A Text Book of Agronomy. New Age International Limited, Publishers. New Delhi. 856p.

Dadang. (2006). Pengenalan Pestisida dan Teknik Aplikasi. Workshop Hama dan Tanaman Jarak : Potensi Kerusakan dan Teknik Pengendaliannya, Bogor.

Department of Horticulture and Landscape Architecture, Purdue University. Retrieved June 20, 2011.

FAO (Food and Agriculture Organization) of the United Nations, Rice Market Monitor, Volume XVIII Issue No. 2, July 2015.

Finlay, R.D. 2008. Ecological Aspects of Mycorrhizal Symbiosis: with Special Emphasis on the Functional Diversity of Interactions Involving the Extraradical Mycelium. Journal of Experimental Botany 5(5):1115-1126.

Gardner, F.P., R.B. Pearce and R.L. Mitchell.1985. Physiology of Crop Plant. IOWA University Press.

Hani, F.J., L. Pinter and H.R. Herren. 2006. Sustainable Agriculture: From Common Principles to Common Practice. Proceedings and outputs of the first Symposium of the International Forum on Assessing Sustainability in Agriculture (INFASA). Bern, Switzerland. 248p.

Hardinsyah, G.K. Rana, M. Ariani, dan A. Gantina. 2012. Analisis Konsumsi Pangan dan Target Pola Pangan Harapan (PPH). Makalah dipresentasikan pada Widyakarya Pangan dan Gizi X. LIPI. Jakarta, 20-21 November 2012.

Harjadi, S.S. 1996. Pengantar Agronomi. Penerbit: PT Gramedia, Jakarta. 197.hal.

Hartmann, H.T., D.E. Kester, F.T. Davies, and R. L. Geneve. 1997. Plant Propagation Principles and Practices. 6th Edition. Prentice Hall, Englewood Cliffs.

Janick, R.W., F.W. Schery, Woods and V.W. Ruttan. 1981. Plant Science: An Introduction to World Crops.. W.H. Preeman and Co. Sanfransisco. 868p.

Jenks, M.A. 2011. Plant Nomenclature. (http://www.hort.purdue.edu/hort/courses/ hort217/ Nomenclature/description.htm). Diakses [5 Juli 2017].

Jha, S., K.N. Kumar. 2011. Potential of Mycorrhizal Fungi in Ecosystem: A Review. International Journal of Research in Botany 1(1):1-7

Juliadewi, K.A.C., I N. Rai, dan N L. Kartini. 2014. Aplikasi Dosis Jamur Endomikoriza untuk Meningkatkan Produksi Buah Salak Gula Pasir. Jurnal Plumula 4(3):19-25

Kementerian Pertanian. 2012. Rencana Strategis Kementerian Pertanian Tahun 2010- 2014. Edisi Revisi. Jakarta.

Kusmiadi, E. 2014. *Pengantar Ilmu Pertanian.* In: Pengertian dan Sejarah Perkembangan Pertanian. Universitas Terbuka, Jakarta.

Makmur, A. 1985. Pokok-Pokok Pemuliaan Tanamn. PT Bina Aksara, Jakarta.

Manjunatha, S.B., D. Shivmurthy, S.A. Satyareddi, M.V. Nagaraj, and K.N. Basavesha, 2014. Integrated Farming System. An Holistic Approach: A Review. Research and Reviews: Journal of Agriculture and Allied Sciences (3)4:30-38

Marschner, H. 2012. Mineral Nutrition of Higher Plants. Third Edition. Academic Press. Germany. 672p.

Matsubara, H., Y. Kayukawa, and H. Fukui. 2000. Temperature Stress Tolerance of Asparagus Seedling Through Symbiosis with Arbuscular Mycorrhizal Fungus. J. Japan Soc. Hort. Sci. 69 (5) : 570-575.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia </COMP>Nomor 77<COMP NAME=nomor>77 Tahun 2001 </COMP>Tentang <COMP NAME=tentaIrigasi.</COMP>

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2002 tentang Karantina Tumbuhan.

Pesarakli, M. 2001. Handbook of Plant and Crop Physiology. Second Edition, Revised and Expanded. Marcel Dekker, Inc. All Rights Reserved. USA. 997p.

Prastowo, N.H., J.M. Roshetko, G.E.S Maurung, E. Nugraha, J.M. Tukan, and F. Harum. 2006. Tehnik Pembibitan dan Perbanyakan Vegetatif Tanaman Buah. International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF) dan Winrock International. Bogor, Indonesia

Rai, I N., I W. Wiraatmaja, C.G.A. Semarajaya, N.K. Alit Astiari, and N.G. Astawa. 2015. Application of Mycorhiza Arbuscular Dosage and Organic Fertilizer to Produce Off-season Fruit of Salak Gula Pasir (*Salacca zalacca* var. Gulapasir). Article Presented on International Conference of Bioscience and Biotechnology. Udayana University, September 18-19th, 2015.

Rai, I N. 2017. Exploration of Mychoriza on Snake Fruit Plantation as Biological Fertilizer. Papper Presented on Workshop on Development and Implementation of Innovative Agricultural Technologies to Increase Sustainability of Agro-ecological Systems. Moscow State University, Lemonosov-Russia. Moscow, 21 Agust 20-21, 2017.

Rencana Strategis Kementerian Pertanian 2014-2019. Lampiran Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 19/Permentan/HK.140/4/2015 Tentang Rencana Strategis Kementerian Pertanian Tahun 2015-2019. www//deptan.go.id.

Rivero, R.M., J.M. Ruiz, L. Romero. 2003. Role of Grafting in Horticultural Plants. *In:* R. Dris, R. Niskanen and S.M. Jain (Eds.). Crop Management and Postharvest

Handling of Horticultural Products. Volume III-Crop Fertilization Nutrition and Growth. p.229-254. Science Publishers, Inc. United Kingdom.

Roberto, K. 2003. How-to-Hydroponics. Fourth Edition Completely Revised. Published by: The Futuregarden Press, A Division Futuregarden Inc. 1997 Rome Street, New York. 102p.

Ruthenberg, H. 1971. Farming Systems in the Tropics. Clarendon Press, Oxford. 344p.

Sadhana, B. 2014. Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) as a Biofertilizer: a Review. International Journal of Current Microbiology Applied Science 3(4): 384-400.

Sadjad, S. 1993. Dari Benih kepada Benih. Penerbit: Gramedia Widia Sarana Indonesia, Jakarta. 144 hal.

Sadras, V.O. and D. Calderini. 2015. Crop Physiology. Applications for Genetic Improvement and Agronomy. (Second Edition). Elsevier Inc. All rights reserved. 551p. Elsevier Inc. All rights reserved

Sasvari, Z., F. Magurno1, D. Galanics, T.T. Nhu Hang, T.T. Hong Ha, N.D. Luyen, L. M. Huong, and K. Posta. 2012. Isolation and Identification of Arbuscular Mycorrhizal Fungi from Agricultural Fields of Vietnam. American Journal of Plant Sciences 3:1796-1801

Sedley, M. and A. R. Griffin. 1989. Sexual Reproduction of Tree Crops. Toronto: Academic Press.

Semangun, H. 2006. Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. 754 hal.

Smith, R. and F. Menalled. 2006. Integrated strategies for managing agricultural weeds: making cropping systems less susceptible to weed colonization and establishment. Montana State University Extension Montguide. http://www.ipm. montana.edu/CropWeeds/montguides/IWM%20MT200601AG.pdf

Smith, R.H. 2006. Plant Tissue Culture: Techniques and Experiments. Second edition. Academic Press is an imprint of Elsevier. 185p.

Smith, S. E., D. J. Read. 2008. Mycorrhizal Symbiosis. Third edition: Academic Press. Elsevier Ltd. New York, London, Burlington, San Diego.768p.

Sullivan K. 2002. Vitamins and Minerals: A Practical Approach to a Health Diet and Safe Supplementation. Harper Collins.

Sudjino, S.L. 2009. Biologi. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.

Thamsurakul, S. and S. Charoensook. 2006. Mycorrhizal Fungi as Biofertilizer for Fruit Tree Production in Thailand. Pepper International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. Bangkok, 16-20 October 2006.

Thompson, A. K. 2003. Fruit and Vegetables Harvesting, Handling and Storage. IOWA State Press. Blackwell Publishing Company. 482p.

Tjitrosoepomo, B. 1993. Taksonomi Tumbuhan. Publisher: Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. 477p.

Widiarsih, S., Minarsih, D. Zurrahmah, B. Wirawan, dan W.B. Suwarno. 2008. Perbanyakan Tanaman Secara Vegetatif Buatan. http://willy.situshijau.co.id. [Tanggal 17 April 2008].

Wijayanto, E.W. 2013. Alat dan Mesin Pengolahan Tanah. http://www.esawijaya4. blogspot.co.id/2013/03/alat-dan-mesin-pengolahan-tanah.html. [Diaskes: 30-3-2017.

Whittaker, R.H. 1969. New Concepts of Kingdoms of Organisms. Science 163:150-160.

Undang Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 1992 tentang Sistem Budidaya Tanaman.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 1992 tentang Karantina Hewan, Ikan dan Tumbuhan.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2012 Tentang Pangan.

BIODATA PENULIS

Prof. Dr. Ir. I Nyoman Rai, M.S. dilahirkan di Karangasem, Bali, 15 Mei 1963. Menamatkan Sarjana (S1) di Program Studi Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Udayana pada tahun 1987. Meneruskan pendidikan Pascasarjana (S2) di Institut Pertanian Bogor (IPB) tahun 1991 dan memperoleh gelar Magister Sains (MS) dalam bidang Agronomi tahun 1993. Gelar Doktor dalam bidang yang sama juga diraih di IPB, masuk tahun 2000 dan tamat tahun 2004. Penulis selanjutnya memperdalam bidang agronomi sebagai visiting professor antara lain di Thailand, Jepang, dan Rusia.

Penulis yang merupakan dosen Tetap di Fakultas Pertanian Universitas Udayana pernah ditugasi sebagai Tim Badan Pengembangan Unud (Bapenud), Tim Penjaminan Mutu Unud, Wakil Ketua Persiapan Unud menjadi Badan Layanan Umum (BLU), Sekretaris Pusat Kajian Buah-Buahan Tropika (PKBT) Lembaga Penelitian Unud, Sekretaris Pusat Penelitan dan Pengembangan Hortikultura (Puslitbanghort) LPPM Unud, Ketua Laboratorium Agronomi dan Hortikultura Fakultas Pertanian Unud, dan Ketua Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Unud. Guru besar Bidang Agronomi diraih penulis pada tahun 2008. Penulis yang saat ini menjadi Dekan Fakultas Pertanian Universitas Udayana periode ke-2 tahun 2015-2019, dipercaya sebagai Visiting Profesor di Faculty of Soil Science, Moscow State University, Rusia, sejak Tahun 2017.

Penulis pernah dipercaya ikut menyusun *Roadmap* pengembangan berbagai komoditas Unggulan Pertanian Provinsi Bali, *Roadmap* pengembangan berbagai komoditas pertanian di kabupaten/kota di Bali, dan menyusun puluhan Buku Pedoman Budidaya yang baik dan (*Good Agriculture Practices / GAP*). Penulis juga aktif dalam organisasi profesi, menjadi anggota Perhimpunan Hortikultura Indonesia (Perhorti), Anggota International Society for Horticultural Science (ISHS), Anggota International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences (*ISSAAS*), Ketua Officer Perhorti Provinsi Bali (2010-2017) Ketua Perhimpunan Hortikultura Indonesia (PERHOTI) Daerah Bali (2017-sekarang), Ketua Asosiasi Perubahan Iklim (APIKI) Regian Bali (2017-sekarang), Pengurus Forum Komunikasi Pemerhati Pertanian Bali, dan Wakil Ketua Dewan Pimpinan Himpunan Kerukunan Tani Indonesia (HKTI) Provinsi Bali periode 2012-2017.

Dalam pengembangan keilmuan, penulis yang juga sebagai Koordinator Mata Kuliah Dasar-Dasar Agronomi di Fakultas Pertanian Unud, menekuni komoditas buah-buahan tropika mulai dari perbaikan

dan pelepasan varietas, penerapan dan pengembangan *GAP*, teknologi budidaya, fisiologi pembungaan dan pembuahan, dan produksi buah di luar musim. Berbagai hibah dan kerjasama penelitian nasional dan internasional telah diterimanya dan menghasilkan masing-masing 49 dan 11 karya ilmiah yang diterbitkan dalam jurnal nasional dan internasional terindeks, 7 naskah diantaranya terindeks dalam Scopus. Penghargaan sebagai peneliti terbaik penulis terima dari Rektor Unud pada tahun 2013 karena keaktifan penulis dalam melakukan penelitian dan penerbitan di jurnal nasional dan internasional. Penulis juga dipercaya sebagai reviewer proposal penelitian dan reviewer artikel ilmiah yang akan diterbitkan di beberapa jurnal internasional maupun yang akan dipresentasikan dalam seminar/workshop internasional.

Penulis yang juga sebagai dosen Pascasarjana Unud pada Prodi Magister Agrotekonologi, Magister dan Doktor Ilmu Lingkungan, dan Prodi Doktor Ilmu Pertanian, terlibat dalam berbagai kegiatan pendampingan dan konsultan pada pekerjaan-pekerjaan yang terkait dengan pembangunan pertanian daerah, nasional dan internasional. Kegiatan dimaksud antara lain Agricultural Expert on Study of Agroinstitutional Profile Integrated Irrigation Sector Project, Bali Irrigation Project-ADB Loan, Agricultural expert on Survey Investigation Design-Turn Over Irrigation Scheme in Bali Province-ADB Loan, Agricultural expert on Survey Detail Design of Irrigation Scheme in Bali Province-ADB Loan, Agronomist on Irrigation Water Management Study for Unda and Saba Rivers Scheme-Decentralized Irrigation System Improvement Sub-Project (DISIMP), Japan Bank International Corporation (JBIC) Loan, Ketua Tim Penyusun Naskah dan Kajian Akademis Perlindungan Buah Lokal Provinsi Bali, Koordinator Tim Ahli DPRD Provinsi Bali dalam Pansus Pembahasan Rancangan Peraturan daerah Provinsi Bali tentang Perlindungan Buah Lokal, Tim Ahli Pertanian Bappeda Provinsi Bali dalam Penyusunan Peraturan Daerah tentang Arahan Praturan Zonasi Sistem Provinsi, Tim Ahli Pertanian Pemerintah Kabupaten Karangasem, Counterpart for Yamaguchi University Japan, expert in collaboration of Chiba University and Udayana University on the Center of Food Availability and Sustainable Improvement (CFASI), Person in Charge (PIC) of Research and Development Cooperation Russia-ACEAN on Development and Implementation of Innovative Agricultural Technologies to Increase Sustainability of Agro-Ecological Systems, and Research Development, Production, Adaptation and Dissemination of Innovative Interactive Course of Video- Films on the Use of the Newest Technologies in Waste Water Treatment and Water Management of Agricultural Regions for Students and Professionals of the ASEAN Countries, dan Person in Charge (PIC) dari Universitas Udayana pada kerjasama penelitian SATREPS (*Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development*) Kerjasama JICA (*Japan International Cooperation Agency*)-IPB-Universitas Udayana.

Dasar-Dasar Agronomi

Kemajuan ilmu pengatahuan dan teknologi di bidang pertanian yang sangat pesat membutuhkan cara pengelolaan tanaman pertanian dan lingkungannya secara lebih bijaksana, disamping juga dituntut inovasi mulai dari sistem produksi sampai dengan distribusinya yang efisien, agar diperoleh produksi maskimum secara berkelanjutan. Buku ini mengupas tentang ruang lingkup Agronomi modern, sistem pertanian dan kebutuhan pangan, klasifikasi tanaman, faktor lingkungan, dan aliran energi dalam pertanian, pertumbuhan dan perkembangan tanaman; reproduksi dan pembiakan tanaman, serta usaha dan prinsip produksi pertanian. Diharapkan dengan membaca buku ini dapat memberikan pemahaman teoritis dan praktis sehingga memudahkan mahasiswa untuk memperdalam Iptek pertanian selanjutnya. Buku ini akan sangat membantu mahasiswa pertanian dari Program Studi Agronomi, Agroekoteknologi, Agribisnis, dan prodi-prodi lainnya yang mewajibkan Mata Kuliah Agronomi sebagai Mata Kuliah Wajib, serta para ahli pertanian dan semua peminat yang terlibat dalam proses inovasi pertanian dalam arti luas di Indonesia.

Prof. Dr. Ir. I Nyoman Rai, M.S.

Dasar-Dasar Agronomi

ISBN 978-602-8409-68-1

9 786028 409681

PELAWA SARI
PERCETAKAN • PENERBIT