

# **MODUL PRAKTIKUM BIOTEKNOLOGI TANAH**



**Oleh:**

**I WAYAN DANA ATMAJA**

**KONSENTRASI TANAH DAN LINGKUNGAN  
PS. AGROEKOTEKNOLOGI  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS UDAYANA  
DENPASAR  
2016**

## **KATA PENGANTAR**

**Modul Praktikum Bioteknologi Tanah** ini dimaksudkan sebagai pedoman kerja mahasiswa dalam melakukan praktikum khususnya praktikum di laboratorium. Dalam upaya meningkatkan keterampilan mahasiswa diperlukan adanya sistem kerja yang sistematis. Oleh karena itu sebelum praktikum mahasiswa sebaiknya memahami terlebih dahulu langkah-langkah kerja seperti yang disajikan pada Modul praktikum ini.

Dalam praktikum Bioteknologi Tanah diharapkan mahasiswa dapat mengisolasi beberapa mikroorganisme dalam tanah yang berperan dalam meningkatkan produktivitas tanah, serta dapat memperbanyaknya di laboratorium.

Modul praktikum ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu saran dan kritik sangat diharapkan. Akhirnya semoga Modul praktikum ini ada manfaatnya.

Denpasar, Oktober 2016

Penyusun

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

I. Isolasi Rhizobium dari Bintil Akar	1
II. Metode untuk Mendeteksi Rhizobium dalam Tanah	9
III. Penetapan Penambahan Nitrogen	10
IV. Kemampuan Simbiosis	12
V. Isolasi Mikrobia Pelarut Fosfat	13
VI. Pewarnaan Akar untuk Melihat MVA	18
VII. Pembuatan Kompos dan Bokashi	20
VIII. Metode Sederhana Penilaian Tingkat kematangan Kompos	33
IX. Pengaruh Tingkat Kematangan Kompos terhadap Pertumbuhan Tanaman	35
X. Respon Cacing Tanah terhadap kekeringan dan Aplikasi Pestisida Pada tanah	37
DAFTAR PUSTAKA	43

# I. ISOLASI RHIZOBIUM DARI BINTIL AKAR

## LANDASAR TEORI

Bakteri *Rhizobium* bersimbiosis dengan tanaman dari familia leguminoceae, yaitu tanaman kacang-kacangan dengan membentuk bintil (nodule) pada akarnya.

Bintil akar ( nodule) sesuai dengan sumber, umur dan keseragamannya mengandung mikroorganisme disamping rhizobia pada permukaan bintil atau pada bintil itu sendiri. Bintil akar yang utuh dapat dibersihkan dan diseterilkan permukaannya untuk menghilangkan mikroorganisme pada permukaan bintil. Bila dianggap perlu untuk membedakan rhizobia yang ada pada permukaan dengan yang benar-benar ada dalam bintil, lebih lama waktu yang diperlukan untuk sterilisasi.

### **Simbiosis Tanaman Legum (Kedelai) dengan *Rhizobium***

Kedelai merupakan salah satu tanaman leguminosa yang dapat bersimbiosis dengan bakteri *Rhizobium* untuk menambat  $N_2$  dari udara. Dengan kenyataan ini maka tanaman leguminosa khususnya kedelai mendapat N dari tanah dalam bentuk  $NH_4^+$  dan  $NO_3^-$  dan juga di peroleh dari hasil simbiosis tersebut. Apabila tanaman kacang-kacangan dan *Rhizobium* di tumbuhkan secara terpisah, keduanya tidak dapat menambat N baik tanaman kacang-kacangan maupun *Rhizobium*, akan tetapi keduanya mempunyai sifat interaksi. Hal ini merupakan inti simbiosis yang keduanya mempunyai keuntungan dari asosiasi. Tanaman kacang-kacangan menyediakan energi dari sumber karbon kepada bakteri, dan bakteri memberi N kepada tanaman.

Simbiosis di cirikan dengan terbentuknya dengan bintil akar pada sistem perakaran tanaman legum. Bintil akar tersebut merupakan organ simbiosis dan tempat berlangsungnya proses penambatan nitrogen dari udara, sehingga tanaman mampu memenuhi sebagian besar kebutuhan nitrogennya dari proses penambatan tersebut. Kemempuan untuk menambat nitrogen bebas dari udara, merupaka ciri khas dari tanaman leguminosa khususnya kedelai, yang perlu dipertimbangkan dalam pembudidayaannya dan upaya meningkatkan produksinya.

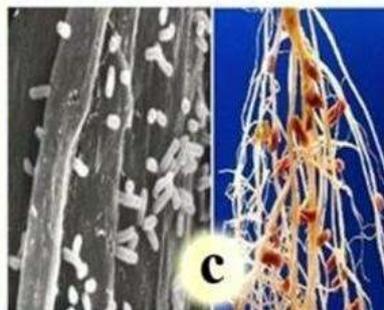
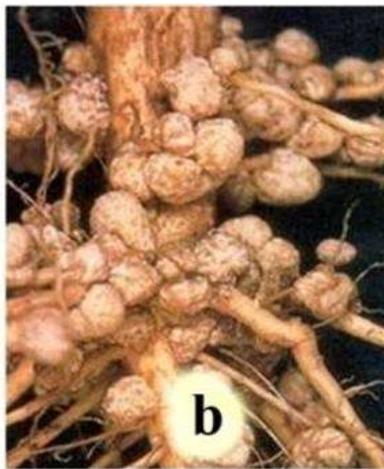
Asosiasi antara bakteri *Rhizobium* dengan tanaman inang bersifat spesifik (khas). Faktor penentu yang berperan dalam spesifikasi asosiasi ini adalah Lektin (*Phytohemagglutinin*) yang dihasilkan oleh sistem perakaran legum yang membentuk bintil akar. Berbagai jenis tanaman legum dapat menghasilkan Lektin dengan kekhususan yang berbeda terhadap berbagai spesies *Rhizobium*. Sebagai contoh, sejenis Lektin yang di hasilkan oleh perakaran tanaman Clover (*Trifolium sp*) yang disebut trifolii tidak dapat terikat dengan polisakarida yang ada pada permukaan sel *Rhizobium japonicum* atau spesies *Rhizobium* yang lain (Rao, 1982).

Kesesuaian hubungan antara strain *Rhizobium* dan varietas kedelai yang berbintil akar akan menentukan efektivitas penambatan nitrogennya. Agar menghasilkan penambatan nitrogen yang maksimum, bintil akar yang efektif memerlukan dukungan faktor-faktor tertentu dalam tanah dan faktor-faktor yang mendukung pertumbuhan tanaman.

Bintil akar terbentuk melalui serangkaian proses, yang diawali dari kehadiran suatu strain bakteri *Rhizobium* sebagai mikrosimbion pada bulu – bulu akar tanaman leguminosa (sebagai makrosimbion), dan selanjutnya dengan penyusupan lebih lanjut ke jaringan akar yang lebih dalam. Saling tindak antara bakteri *Rhizobium* dengan jaringan akar yang menghasilkan pembentukan bintil akar. Dalam saling tindak tersebut, sel *Rhizobium* akan berubah bentuk menjadi bakteroid, sedang di bagian tengah jaringan bintil akar akan terbentuk pigmen berwarna merah yang disebut *leghaemoglobin* yang di bentuk oleh bakteroid yang merupakan komponen yang terlibat langsung dalam proses penambatan nitrogen (Jutono, 1985).

Bintil akar dalam sistem perakaran tanaman legum merupakan struktur pelindung, sedang bakteroid merupakan site dari proses penambatan nitrogen. Bintil akar tersebut mempunyai keanekaragaman yang luas dalam ukuran, bentuk, warna, lokasi dan jumlahnya. Keanekaragaman ini ditentukan oleh saling tindak antara tanaman inang dan spesies *Rhizobium*-nya. Hasil beberapa penelitian menunjukkan bahwa jumlah, ukuran beberapa lokasi bintil akar mempunyai hubungan yang sangat erat dengan kemampuan untuk menambat nitrogen udara.

Sebagai suatu ilustrasi mengenai jumlah, ukuran, bentuk dan penyebaran bintil akar leguminosa dapat di lihat pada Gambar 9.1.





Gambar 9.1. Bintil Akar Pada Sistem Perakaran Leguminosa

### **Proses Pembentukan Bintil Akar (Nodule)**

Bakteri *Rhizobium* tanpa bersimbiosis dengan tanaman leguminosa tidak dapat menambat  $N_2$  udara, dengan demikian kebutuhan N-nya didapat dari dalam tanah. Tanda pertama yang dapat dilihat untuk menentukan apakah terjadi simbiosis antara *Rhizobium* dengan leguminosa adalah adanya bintil akar (Nodul) pada sistem perakaran legum tersebut (Gambar 9.2.).



Proses pembentukan bintil akar ini terjadi, diawali dengan diekskresikannya sejenis faktor tumbuh dan zat – zat makanan antara lain *tryptophan* oleh sistem perakaran leguminosa. Sebagai akibatnya bakteri *Rhizobium* yang kebetulan ada di sekitar akar atau yang sengaja diinokulasikan pada saat tanaman akan terangsang untuk berkembang biak dengan cepat mengeluarkan sekresi tandingan yang di duga berupa asam 3-indol asetat (3-indol acetic acid). Sekresi ini menyebabkan terjadinya benang-benang infeksi (saluran infeksi) pada akar leguminosa sampai jauh ke jaringan kortek dan sekaligus diikuti dengan infiltrasi bakteri *Rhizobium* melalui benang-benang infeksi tersebut. Bakteri *Rhizobium* kemudian berkembang didalam sel kortek, yang menyebabkan sel kortek tersebut berkembang secara abnormal dan akhirnya terbentuklah suatu bengkakan yang disebut bintil akar atau “nodule”. Didalam bintil akar inilah *Rhizobium* berkembang dan mengadakan fiksasi nitrogen bebas dari udara

Bintil akar yang terbentuk tidak semuanya efektif untuk menambat nitrogen dari udara bebas. Untuk menentukan efektivitas bintil akar, tanda pertama yang dapat dilihat adalah warna bagian dalam bintil akar. warna jingga atau kemerah-merahan (karena leghaemoglobin) menunjukkan bahwa bintil akar itu efektif dan yang tidak efektif berwarna hijau pucat, ukuran bintil akar yang efektif lebih besar dan berpusat pada akar

utama, sedangkan yang tidak efektif ukurannya relatif kecil dan tersebar pada cabang akar. Kedua ukuran ini ditentukan pada satu tanaman.

Bintil akar yang telah dewasa terdiri atas daerah bakteroid yang dikelilingi beberapa lapisan korteks. Volume jaringan bakteroid 16 – 50% lebih besar pada bintil akar efektif dari pada bintil akar tidak efektif. Volume jaringan bakteroid pada bintil akar efektif memiliki hubungan langsung yang positif dengan jumlah N yang difiksasi. Nodule yang tidak efektif biasanya kecil – kecil dan jaringan bakteroidnya tidak berkembang. Sebaiknya nodule yang efektif berukuran besar – besar dan jaringan bakteroidnya berkembang dengan baik. Bakteroid bentuknya tidak teratur dan tidak mempunyai flagella dan dikelilingi oleh membrane.

Pigmen merah yang mirip dengan hemoglobin darah dijumpai dalam bintil akar antara bakteroid dengan selubung membran yang mengelilinginya. Pigmen merah tersebut disebut “ Leghaemoglobin “. Jumlah leghaemoglobin didalam bintil akar memiliki hubungan langsung dengan jumlah nitrogen yang difiksasi dengan legum.

Leghaemoglobin pada bintil akar berfungsi sebagai pembawa elektron khusus dalam fiksasi nitrogen, pengatur pasokan oksigen dan pembawa oksigen. Bukti-bukti terakhir menunjukkan bahwa leghaemoglobin tidak berperan aktif dalam fiksasi nitrogen secara simbiotik tetapi berfungsi sebagai katup biologis dalam mengatur pemasok oksigen ke bakteroid pada tingkat optimum yang kondusif untuk berfungsinya secara tepat pada proses fiksasi nitrogen. Dengan demikian enzim nitrogenase yang peka terhadap oksigen akan berfungsi secara optimal.

### **Bahan dan Alat:**

Bahan-bahan yang diperlukan: Bintil akar,  $\text{HgCl}_2$  0,1%, air steril, media agar ekstrak ragi mannitol atau YEM ( Yeast Extrax Mannitol Agar), etanol 90%.

Alat-alat yang diperlukan:

Tabung reaksi, pisau silet, inkubator, cawan petri dan jarum ose.

### **Cara Kerja:**

1. Ambil bintil akar, kemudian potong sedemikian rupa dari akar dengan membiarkan sedikit akar menempel pada bintil.
2. Cuci bintil akar dengan baik.
3. Bintil akar yang sudah bersih dimasukkan ke dalam etanol 95%, selanjutnya celupkan kedalam HgCl<sub>2</sub> 0,1%. Sebagai alternatif HgCl<sub>2</sub> dapat digunakan 3 – 5% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.
4. Cuci bersih dengan air yang steril.
5. Hancurkan atau potong bintil secara aseptik dan kemudian oleskan cairan dari bintil akar pada permukaan agar YEM yang terdapat pada cawan petri.
6. Inkubasi pada temperatur 26 – 28 °C, selama 4-5 hari.
7. Pilih koloni yang tumbuh baik secara terpisah disepanjang garis olesan, yang mempunyai sifat-sifat rhizobium (berair, tembus cahaya atau putih ovak, warna pink juga ada ).
8. Ambil dari koloni yang terpilih baik yang dapat dipindahkan langsung pada agar miring YEM atau bisa juga melalui goresan kembali pada cawan agar YEM.
9. Perhatikan keseragaman bentuk koloni pada agar cawan dari goresan kedua, ambil koloni yang terpilih dan goresan pada agar YEM (agar miring).
10. Uji apakah benar-benar rhizobium, yaitu dengan uji langsung menggunakan uji infeksi dengan inang yang cocok atau tergantung dari asal bintil.

**Hasil Pengamatan:**

Tanaman inang	No. cawan petri	Jumlah koloni	Ciri-ciri koloni

--	--	--	--

**Pembahasan :**

## **II. METODE UNTUK MENDETEKSI RHIZOBIA DALAM TANAH**

Jumlah Rhizobia didalam tanah umumnya tidak begitu banyak, sehingga sulit untuk mengisolasinya. Cara yang sering digunakan untuk menunjukkan adanya rhizobia di dalam tanah adalah:

1. Dengan menanam benih tanaman leguminosae pada tanah tersebut, yang bila perlu tanah tersebut diberi pupuk dan atau dikapur, amati bintil pada akar tanaman tersebut.
2. Dengan penambahan tanah yang disuspensikan pada benih yang diseterilkan permukaannya.

Rhizobia yang dapat diisolasi tidak dapat dimasukkan kedalam koleksi atau disebut sebagai rhizobium sebelum dilakukan pengujian. Pengujian yang sering dilakukan adalah dengan melihat apakah bakteri tersebut mampu membentuk bintil dengan

inang tertentu. Demikian pula bila biakan yang sudah cukup lama disimpan (koleksi) atau baru diperoleh dari tempat lain harus diuji kembali.

**Bahan dan Alat:**

Bahan-bahan yang diperlukan:

Larutan HgCl<sub>2</sub> 0,1%, etil alkohol 95%, air steril dan benih.

Alat-alat yang diperlukan:

Beaker glas, botolsemprot, cawan petri, pot plastik dan hand counter.

**Cara kerja:**

1. Celupkan benih inang yang dikehendaki didalam 95% etil alkohol selama 5 menit.
2. Setelah itu dicelupkan benih tersebut didalam larutan HgCl<sub>2</sub> 0,1% selama 5 menit.
3. Cucilah benih beberapa kali dengan air steril.
4. Tanam benih tersebut dalam pot atau dilapangan.
5. Setelah pertumbuhan vegetatif diperoleh (umur antara 4 – 6 minggu) keluarkan akar dan periksa pembentukan bintilnya.

**Hasil Pengamatan:**

No. Tanaman yang dibongkar	Jumlah bintil (bh)	Ukuran bintil (mm)	Warna bintil	Keterangan

--	--	--	--	--

**Pembahasan :**

### **III. PENETAPAN PENAMBATAN NITROGEN DAN KEMAMPUAN SIOMBIOSIS**

Besarnya penambatan nitrogen dilakukan dengan mengukur aktivitas nitrogenase. Pengukuran aktivitas nitrogenase dilakukan dengan metode ARA (Acetylene Reduction Assay) dengan alat gas kromatografi. Tehnik reduksi asetilen ini sederhana, cepat dan sangat sensitif.

Gas kromatografi yang dipergunakan harus dengan spesifikasi sebagai berikut:

Kolom	: 1 m baja tanah karat terial karbon aktif berukuran 60 sampai 80 mesh.
Detektor	: Flame Ionization detektor (FID)
Tekanan H <sub>2</sub>	: 0,9 kg.cm <sup>-2</sup>
Tekanan O <sub>2</sub>	: 1,8 kg.cm <sup>-2</sup>
Kecepatan pembawa gas H <sub>2</sub> dan O <sub>2</sub>	: 40 ml.menit <sup>-1</sup>
Udara tekan	: 300 ml.menit <sup>-1</sup>

Suhu kolom	: 140 °C
Suhu tempat injeksi	: 175 °C
Kecepatan kertas pencatat	: 200ml.menit <sup>-1</sup>

### Cara Kerja:

1. Pisahkan biontil akar, masukkan dalam tabung penoject.
2. Keluarkan gas dalam tabung penoject 10%
3. Masukkan acetylene 10% dari volume penoject
4. Inkubasikan selama 30-60 menit (Tergantung dari keinginan peneliti)
5. Ambil gas dalam penoject yang diinkubasikan 1ml dengan siring.
6. Injeksikan pada alat gas kromatografi (GC), alat GC akan mengeluarkan hasil record dari sampel (Berupa gambar)
7. Tetapkan (injeksikan) pula standar (etylene) 10ml/kg, 1ml pada GC.
8. Hitung dengan menggunakan rumus

$$\text{ARA } (\mu \text{ mole}) = \frac{\text{L. arta sample}}{\text{L. arta std}} \times \frac{\text{Vol injeksi}}{22,4} \times \frac{\text{Vol incubasi}}{\text{Vol. std}} \times \text{Cosentrasi std}$$

Catatan:

Vol. injeksi = 1 ml

Vol. incubasi = 10ml

Vol. stander = 1ml

Consentrasi Standar (etylene) = 10 mg/kg

ARA dapat didekati dengan:

1. ARA total =  $\mu$  mole/ jam/ tanaman
2. ARA specific =  $\mu$  mole/jam/g berat kering bintil akar  
=  $\mu$  mole/jam/g berat segar bintil akar

**Pembahasan :**

## IV. CARA MEMENTUKAN KEMAMPUAN SIMBIOSIS

### Cara Kerja:

1. Sediakan 3 buah pot yang berisi tanah yang berkadar N rendah
2. Satu pot ditanami kedelai atau legume dengan benih diinokulasi dengan rizobium yang sesuai.
3. Satu pot ditanami kedelai atau legume dengan dipupuk nitrogen
4. Satu pot tanaman tanpa inokulasi dan tanpa pupuk nitrogen (kontrol)
5. Pelihara tanaman tersebut diatas sampai berbunga
6. Panen tanaman dengan mencari:
  - a. Berat kering bintil akar
  - b. Berat kering total tanaman

Kemampuan simbiosis atau *Symbiotic capacity* (Sc) dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Sc = \frac{(I - U)}{(N - U)}$$

Keterangan:

Sc = Symbiotic capacity

I = Berat kering tanaman yang diinokulasi

N = Berat kering tanaman tidak diinokulasi ditambah N

U = Berat kering tanaman tidak diinokulasi tanpa N

Nilai Sc ini dibagi menjadi empat katagori, yaitu:

E = Sangat efektif                      jika : Sc > 0,67

e = Efektif                                jika : Sc 0,33 – 0,67

e = Kurang efektif                      jika : Sc < 0,33

i = Tidak efektif                        jika : Sc <= 0 ( Suciatmih, cit Pramoto dkk., 1989).

**Pembahasan :**

## **V. ISOLASI MIKROBA PELARUT FOSFAT**

Fosfor (P) merupakan unsur hara makro kedua setelah nitrogen yang diperlukan dalam jumlah besar oleh tanaman. Jumlah fosfor tanah yang tersedia umumnya rendah karena ion fosfat mudah diikat oleh komponen tanah lainnya menjadi bentuk yang tidak mudah larut. Komponen tanah yang mampu mengikat fosfor antara lain adalah  $Ca^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Mg^{2+}$ , dan  $Al^{3+}$  menjadi  $Ca_3(PO_4)_2$ ,  $FePO_4$ ,  $Mg_3(PO_4)_2$  dan  $AlPO_4$ .

Beberapa kelompok mikroba tanah memiliki kemampuan untuk melarutkan P yang tidak larut menjadi bentuk P yang tersedia bagi tanaman. Mikroba tersebut dikenal sebagai mikroba pelarut fosfat (MPF). Beberapa mikroba yang sering dilaporkan mampu melarutkan P adalah: spesies pseudomonas, Mycobacterium, Bacillus, Micrococcus, Flavobacterium, Bacterium, Escherichia, Aspergillus, dan Penicillium. Pelarut P oleh mikroba tersebut dilakukan dengan melepaskan asam-asam organik seperti asam sitrat, glutamat, suksinat, laktat, oksalat, glioksalat, malat, fumarat, tartarat,

$\alpha$ - ketoglutarat yang mampu membentuk senyawa kompleks dengan  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , dan  $\text{Al}^{3+}$ .

### **Jenis Mikroorganisme Pelarut Fosfat**

Senyawa fosfor anorganik yang tidak larut umumnya tidak tersedia bagi tanaman. P relatif tidak mudah tercuci seperti unsur N, tetapi karena pengaruh lingkungan, maka statusnya berubah dari P yang tersedia bagi tanaman menjadi tidak tersedia dan mengendap sebagai Ca-fosfat, Mg- fosfat dan Fe- fosfat. Bentuk-bentuk ini akan dapat tersedia bagi tanaman bila ada peran dari mikroorganisme di dalam tanah.

Di dalam tanah banyak mikrobia yang dapat melarutkan senyawa fosfat anorganik yang tidak tersedia menjadi tersedia bagi tanaman. Sebagian besar mikrobia pelarut fosfat terdapat pada risosfer tanaman. Mikrobia yang berperan dalam pelarut fosfat ialah bakteri, jamur dan aktinomisetes, yang kemampuan melarutkan senyawa fosfat berbeda.

### **Mekanisme dan potensi/ Kemampuan Melarutkan Fosfat**

Perubahan senyawa fosfat anorganik tak larut menjadi senyawa fosfat yang larut oleh mikrobia, umumnya disebabkan karena mikrobia menghasilkan beberapa asam organik. Dari beberapa penelitian didapatkan bahwa pelarut fosfat disebabkan karena Chelasi  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  dan  $\text{Al}^{3+}$  dengan hidroksi organik laktat, glikolat, suksinat dan alfa ketoglutarat (Rao, 1982). Sedang asam organik lainnya seperti asam asetat, malat, glukonat, oksalat, butirat dan malonat dapat langsung melarutkan fosfat (Thomas et al., 1985). Adapun juga mengatakan dengan terbebaskanya asam-asam organik oleh mikroba tersebut akan diikuti oleh penurunan pH yang tajam, sehingga berakibat terjadinya pelarutan Ca – fosfat.

Kemampuan jasad mikro dalam membantu melarutkan bentuk-bentuk fosfat tak tersedia ternyata berbeda-beda satu dengan yang lainnya. Hal ini ditunjukkan oleh hasil penelitian pada tanah Alluvial (pH 7,4) seperti pada Tabel 7.2.

Tabel 7.2. kemampuan melarutkan bentuk-bentuk P tak tersedia (Banik dan Dey, 1982).

---

---

Jenis bakteri

Rerata P terlarut

	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	AlPO <sub>4</sub>	FePO <sub>4</sub>
<i>Micrococcus sp.</i>	0,2	1,9	0,2
<i>Arthrobacter sp.</i>	29,2	8,0	0,3
<i>Bacillus sp.</i>	28,0	0,7	0,0
<i>Bacillus firmus</i> (B-7650)	42,0	13,4	1,6
<i>B. firmus</i> (B-7651)	43,2	2,7	0,8

Sundara Rao dan Sinha (1962) mengidentifikasi beberapa mikroorganisme pelarut P di daerah perakaran tanaman gandum. Dari hasil pengujian mendapatkan bahwa *Bacillus sp.* mampu meningkatkan kelarutan P antara 0,80 – 3,72 mg kg<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pada tanah non steril dan antara 0,07 – 3,60 Mg kg<sup>-1</sup> pada tanah steril.

Penelitian dengan fungsi tanah sebagai mikroorganisme pelarut P telah banyak dilakukan. Jenis yang paling banyak diteliti adalah *Aspergillus sp.* dan *Penicillium sp.* Kelompok *Penicillium sp.* mampu melarutkan 25,9 – 39,0% dari Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, sedangkan *Aspergillus sp.* melarutkan 1,8% (Chonkar dan Rao, 1967). Asam sitrat yang dihasilkan oleh *Aspergillus awamori* berperan dalam melarutkan Ca-fosfat. *Aspergillus niger* menunjukkan pertumbuhan yang kuat dengan sumber P dari senyawa Al PO<sub>4</sub> sedang *Penicillium sp.* sama kemampuannya pada media Al PO<sub>4</sub>, Fe PO<sub>4</sub> dan Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> (Das, 1963). Ini berarti ke dua jenis tersebut banyak terdapat pada tanah masam. Menurut (Banik et al., 1982) Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> paling mudah dilarutkan, kemudian berturut-turut Al PO<sub>4</sub> dan Fe PO<sub>4</sub>, kecuali oleh *aspergillus* yang mudah melarutkan Fe Po<sub>4</sub> dari pada Al PO<sub>4</sub>.

Dalam upaya penentuan mikrobial dalam melarutkan fosfat, maka mikrobial dirumuhkan dalam media yang ditambah Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, apatit atau senyawa lain yang tidak larut, sebagai sumber fosfat. Mikrobial tidak hanya mengasimilasi (Imobilisasi) fosfat, tetapi juga menyebabkan sebagian besar senyawa fosfat menjadi larut. Dengan demikian di bebaskan fosfat terlarut yang lebih tinggi dari yang diperlukan mikrobial.

MPF biasanya diisolasi dengan menggunakan media spesifik yang mengandung sumber P yang tidak mudah larut, seperti Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, AlPO<sub>4</sub>, dan FePO<sub>4</sub>. Media

Pikovskaya merupakan salah satu media yang sering digunakan untuk mengisolasi MPF. Koloni MPF dalam media Pikovskaya's padat dicirikan oleh adanya zone terang disekitar koloni.

Tujuan pelaksanaan praktikum ini adalah agar mahasiswa:

1. Mengetahui cara mengisolasi mikroba pelarut fosfat dari dalam tanah
2. Dapat menentukan secara in vitro isolat yang potensial dalam melarutkan P dari bentuk P yang tidak larut.

### **Bahan dan Alat :**

Bahan yang digunakan dalam praktikum ini adalah tanah sampel dalam kondisi kapasitas lapang, kapas, alkohol, spiritus, larutan fisiologis, dan media Pikovskaya. Komposisi media Pikovskaya adalah sebagai berikut:

1. Glukosa	10.0	g
2. $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	5.0	g
3. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	0.5	g
4. KCl	0.2	g
5. $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.1	g
6. $\text{MnSO}_4$	sedikit	
7. $\text{FeSO}_4$	sedikit	
8. Ekstrak ragi	0.5	g
9. Agar	15.0	g
10. Akuadest	1000.0	ml

Alat-alat yang diperlukan dalam praktikum ini adalah bunsen, pipet, tabung reaksi, jarum ose, dan petridish.

### **Cara Kerja :**

Prosedur kerja yang dilakukan dalam praktikum ini meliputi 2 tahap, yaitu isolasi MPF dan pengujian MPF terpilih. Kedua tahapan tersebut dilakukan invitro secara aseptik.

### **Isolasi MPF:**

1. Siapkan seri pengenceran tanah sampai tingkat  $10^{-6}$  dalam larutan fisiologis:
  - a. 5 g tanah dimasukkan ke dalam 45ml larutan fisiologis kemudian kocok selama 15 menit.
  - b. Pipet 1 ml suspensi tanah kedalam 9 ml larutan fisiologis dalam tabung reaksi kemudian kocok sampai tercampur rata (pengenceran  $10^{-1}$ )
  - c. Pipet 1 ml suspensi dari kepekatan  $10^{-1}$  kedalam 9 ml larutan fisiologis baru ( $10^{-2}$ ), hal ini dilakukan seterusnya sampai diperoleh tingkat pengenceran  $10^{-6}$
2. Pipet masing-masing 1 ml larutan dari tingkat pengenceran  $10^{-5}$  dan  $10^{-6}$  kemudian masukkan ke dalam setiap petridish yang berbeda
3. Sertakan label pada masing-masing petridish yang muat keterangan berikut: kode tanah, tanggal, kelompok, pengenceran.
4. Tuangkan media pikovskaya(temperatur  $45^{\circ}\text{C}$ ) masing-masing sekitar 10 ml ke dalam setiap petridish yang telah berisi larutan seri pengenceran terpilih
5. Putar petridish masing-masing 3 kali kearah kanan dan kiri
6. Diamkan sampai media agar memadat kemudian inkubasikan petridish dalam kondisi terbalik selama 4-7 hari.
7. Catat koloni MPF yang memiliki diameter  $\geq 2$  mm dan diameter zone terang  $\geq 1$  mm, kemudian pilih 3 koloni terbaik berdasarkan ukuran diameter kolonidan diameter zone terang terbesar
8. Pemurnian koloni terpilih dilakukan dengan menggoreskan sebaiaian kecil koloni secara aseptik menggunakan jarum ose pada media pikovskaya yang baru dengan metode kuadran
9. Inkubasikan kembali petridish yang memuat goresan koloni terpilih secara terbalik selama 1 minggu
10. Pilih koloni yang memiliki ukuran koloni dan diameter zone terang terbesar kemudian simpan dalam media agar miring
11. Apabiola terdapat lebih dari satu koloni yang memiliki diameter sama, pilih salah satu koloni yang memiliki diameter zone terang terbesar.

**Hasil Pengamatan :**

Kode	Jenis Mikroba <sup>1)</sup>	Diameter (cm)		Keterangan <sup>2)</sup>
		Koloni	Zone Terang	
1				
2				
3				
4				
5				

Keterangan:

1. Bakteri, jamur, aktinomisetes
2. Terpilih

**Pembahasan :**

## VI. PEWARNAAN AKAR UNTUK MELIHAT MVA

Mikoriza vesikular- Arbuskular (MVA) merupakan asosiasi antara cendawan tertentu dengan akar tanaman dengan membentuk jalinan interaksi yang kompleks. Suatu simbiosis terjadi bila cendawan masuk ke dalam akar atau melakukan infeksi. Proses infeksi dimulai dengan perkecambahan spora didalam tanah. Hifa yang tumbuh melakukan penetrasi ke dalam akar dan berkembang di dalam korteks. Pada akar yang terinfeksi akan terbentuk arbuskul, vesikula intra- interselular, hifa interna diantara sel-sel korteks dan hifa eksterna. Penetrasi hifa dan percabangannya biasanya terjadi pada bagian yang masih mengalami proses diferensiasi dan proses pertumbuhan. Hifa berkembang tanpa merusak sel.

Hampir semua tanaman pertanian akarnya terinfeksi cendawan mikoriza. Gramineae dan Leguminosae umumnya bermikoriza. Jagung merupakan contoh tanaman yang terinfeksi hebat oleh mikoriza. Tanaman pertanian lainnya yang telah dilaporkan terinfeksi MVA adalah kedelai, barley, bawang, kacang tunggak, nenas, padi

gogo, pepaya, selada, singkong, dan sorgum. Sedangkan tanaman perkebunan yang dilaporkan telah terinfeksi mikoriza adalah tabu, the, tembakau, palem, kopi, karet, kapas, jeruk, kakao, apel dan anggur.

Untuk melihat dengan jelas apakah akar tanaman terinfeksi mikoriza atau tidak maka dapat dilihat dengan bantuan mikroskop dengan metode pewarnaan akar (staining roots).

### **Bahan dan Alat:**

Bahan-bahan yang diperlukan: Akar tanaman, KOH 10%, HCl 10%, Air, dan lactic glycerol blue.

### **Alat-alat yang diperlukan:**

Timbangan, gunting, tabung reaksi, kompor, termometer, cawan petri dan mikroskop.

### **Cara kerja:**

1. Ambil akar tanaman yang akan diamati dan dibersihkan dari kotorannya dengan mencuci.
2. Kering anginkan (bisa dengan memakai kipas angin).
3. Akar tersebut kemudian ditimbang 2- 3 gram.
4. Potong-potong 1-2 cm dan masukkan kedalam tabung reaksi yang cukup besar.
5. Kemudian tabung reaksi tersebut ditambah KOH 10% sampai semua akar tertutup.
6. Tabung tersebut (beserta isinya) direndam dalam air mendidih ( $90^{\circ}\text{C}$ ) selama 1 jam (diletakkan sedemikian rupa sehingga air tidak masuk kedalam tabung reaksi).
7. Akar tersebut dicuci dengan air sampai bersih (pakai ayakan sebagai alas).
8. Cuci dengan HCl 10%.
9. Tambahkan kedalam tabung reaksi lactic-glycerol blue sampai semua akar tertutup.
10. Biarkan 48 jam.
11. Amati dibawah mikroskop akan terlihat arbuskul, vesikula, dan hifa dari mikoriza.

**Hasil Pengamatan:**

**Pembahasan**

## **VII. PEMBUATAN KOMPOS DAN BOKASHI**

### **LANDASAN TEORI**

#### **Pengelolaan Limbah Organik**

Pengolahan bahan mentah menjadi produk akhir terutama dilakukan dalam lingkungan rumah tangga. Selain menghasilkan barang yang bermanfaat untuk konsumsi, pengolahan menimbulkan pula barang kurang bermanfaat berupa limbah, baik yang bersifat cair maupun padat, senyawa organik maupun anorganik, benda mati maupun makhluk hidup, sampah, dan lain-lainnya.

Limbah organik perlu penanganan/pengolahan secara serius sehingga limbah ini dapat bermanfaat sebagai pupuk organik secara maksimal, sekaligus menghindarkan gangguan yang tidak menyenangkan dan mencemari terhadap lingkungan. Kadar hara (N, P, K dan C/N ratio) sangat bervariasi, tergantung dari jenis bahan asalnya.

Secara umum pengolahan atau penanganan limbah organik bisa dilakukan dengan dua cara, yaitu :

1. Dengan perlakuan aerobik, yang lebih umum disebut **pengomposan**, yang hasilnya disebut **Kompos**.
2. Perlakuan anaerobik (proses fermentasi), yang akhir-akhir ini proses fermentasi dilakukan dengan bantuan Efektif Mikroorganisme (EM) yang akan menghasilkan produk yang disebut "**Bokashi**".

Sardjoko (1991) menguraikan perlakuan anaerobik sebagai berikut : penguraian bahan organik oleh bakteri anaerobik yang menghasilkan gas metan itu adalah proses yang terjadi di dalam alam. Proses ini merupakan salah satu mekanisme pembusukan yang juga mempunyai peran yang penting dalam sistem pencernaan makanan pada binatang memamah biak. Pembusukan pada umumnya dianggap sebagai pencernaan anaerobik, dan pertama kali dimanfaatkan dengan tujuan untuk pengolahan limbah. Akhir-akhir ini tujuan diarahkan ke penerapan untuk mendapatkan energi dari bahan biomassa, terutama yang mempunyai kandungan air yang tinggi.

Salah satu keuntungan utama dari proses pencernaan anaerobik adalah didapatnya energi yang berharga dari sumber bahan organik tanpa merusak zat hara yang terkandung didalamnya, sehingga proses ini meninggalkan sisa yang kaya akan zat hara yang dapat digunakan sebagai pupuk, dan kadang-kadang sebagai pakan ternak. Perannya dalam pembersihan limbah dan kesehatan masyarakat, dengan demikian dapat digabungkan dengan upaya untuk menghasilkan energi dan pendauran ulang zat hara.

Efisiensi yang tinggi, yang dapat dicapai dalam pengolahan sumber daya untuk mempunyai kemungkinan yang besar untuk diterapkan dalam berbagai bidang. Pengendalian pencernaan industri, pembuangan limbah kota, baik yang berupa cairan maupun zat padat, dan pendauran ulang rabuk dari ternak dan industri unggas merupakan pilihan yang sangat menarik untuk dikembangkan. Bagi negara ketiga, dapat pula proses ini dikembangkan untuk menekan penggunaan bahan bakar kayu dan meningkatkan penggunaan kotoran ternak sebagai sumber bahan bakar untuk memasak. Jika limbah ternak langsung dibakar, asapnya menimbulkan masalah bagi kesehatan, tetapi jika dicerna secara anaerobik, gas yang keluar merupakan bahan bakar yang bersih, sedangkan sisa yang kaya akan zat hara dapat dimanfaatkan sebagai rabuk .

Biarpun demikian, ada sejumlah kendala praktis, yang menghambat penyebaran teknik pencernaan anaerobik, terutama biaya untuk mengembangkan sistem ini. Dalam

penerapannya dalam negara ke tiga, kendala sosial ekonomi dapat kelihatan dengan jelas.

Gas yang dihasilkan dari pencernaan anaerobik sering disebut biogas, mengandung antara 60 sampai 70% metan, sisanya terutama karbondioksida, bersama sedikit hidrogen sulfida dan hidrogen. Kandungan energinya berkisar antara 20.000 sampai 26.000 kJ/m<sup>3</sup> kubik bergantung pada jumlah kandungan metan sedangkan untuk metan murni 35.000 kJ/m<sup>3</sup> kubik .

Mekanisme pencernaan anaerobik merupakan suatu hal yang kompleks, yang melibatkan interaksi majemuk dari banyak jenis bakteri. Meskipun hanya sebagian yang dimengerti, sekarang dianggap adanya tiga tahap dalam proses ini, masing-masing terjadi dengan perantara kelompok bakteri yang berbeda-beda. Dalam tahap pertama bekerja kelompok bakteri yang menguraikan secara fermentatif selulosa, hemiselulosa, dan makromolekul lain yang terdapat dalam bahan sumber untuk menghasilkan berbagai asam organik disamping etanol, hidrogen, karbondioksida. Kelompok bakteri ke dua kemudian mengubah asam propinat dan asam organik lain yang lebih panjang menjadi asam asetat, karbondioksida, dan hidrogen. Akhirnya, senyawa sederhana ini diubah menjadi metan oleh kelompok bakteri yang lain lagi yang tergolong dalam bakteri-bakteri mutan. Mengenai energi yang dihasilkan, keseluruhan proses adalah sangat efisien, lebih dari 90% kandungan energi biomassa yang diuraikan tersimpan dalam hasil yang berupa metan .

Kinetika proses pencernaan anaerobik bergantung pada sejumlah faktor, antara lain suhu, pH, aras nitrogen, kelembaban dan, laju percampuran. Optimasi laju konvensi, sampai sekarang merupakan proses empirik. Faktor yang mengendalikan kepadatan populasi bakteri misalnya, baru sedikit diketahui. Persaingan antar jenis, pemacuan, dan penghambatan oleh metabolit, aras hara, dan adanya toksin, semuanya mungkin penting dalam masalah ini.

Suhu memegang peran yang sangat penting untuk menentukan laju penguraian. bakteri yang terlibat dapat digolongkan menjadi dua katagori, masing-masing dengan suhu optimum yang berbeda. Jenis termofilik bekerja terbaik pada suhu sekitar 45 sampai 55° C sedangkan jenis mesofilik mempunyai suhu optimum yang terletak antara 25 sampai 40° C di luar kisaran suhu tersebut laju konvensi turun dengan

mencolok. Penguraian dibawah 10°C berjalan sangat lama, sehingga menimbulkan masalah bagi daerah beriklim dingin karena sebagian hasil metan diperlukan untuk memanaskan unit penguraian, kecuali bila unit itu cukup terisolasi.

Bahan biomassa yang digunakan untuk pencernaan anaerobik sangat bermacam-macam. Bahan organik yang potensial untuk menghasilkan gas metan, tercantum dalam Tabel 2.2.

Berbeda dengan jenis khamir yang digunakan untuk fermentasi etanol, bakteri pengurai dalam sistem pencernaan anaerobik mampu menghasilkan enzim selulolitik untuk menghancurkan selulosa. Kesulitan utama pada penguraian timbul jika menggunakan kayu sebagai substrat yang mengandung banyak zat kayu (lignin). Biomassa yang paling umum digunakan untuk penguraian anaerobik adalah kotoran hewan. Bahan ini dapat diubah menjadi metan dengan efisiensi 35 sampai 50% energi yang terkandung dalam bahan sumber.

### **Perlakuan Aerobik Limbah Pertanian**

Metode tradisional pertanian menghasilkan limbah hewan dalam jumlah kecil, yang dengan mudah dikembalikan kepada lahan sebagai pupuk. Tetapi sekarang, pemeliharaan ternak secara intensif menghasilkan limbah baik cair maupun padat dalam jumlah besar yang tidak dapat selalu dibuang di tempat atau di dekat tempat-tempat yang terlalu sempit untuk keperluan itu, atau menimbulkan masalah dalam penanganan dan penyimpanannya. Selain itu, pembuangan semua limbah pertanian harus diteliti dengan cermat oleh ahli-ahli lingkungan dan badan-badan kesehatan masyarakat, yang harus menjaga jangan sampai terjadi pengaliran (drainage) polutan ke dalam air minum dan kemungkinan menyebarkan bakteri patogen.

Tabel 2.2. Bahan Organik yang Mempunyai Potensial Untuk Menghasilkan Metan.

---

Limbah panen	: Sampah tebu, pangkal dan daun jagung, jerami, sisa Makan ternak, dan gulma.
--------------	---

Limbah ternak	: Limbah kandang ternak (kotoran, kencing, sampah) Sampah unggas, kotoran biri-biri dan kambing, limbah rumah pemotongan (darah, daging), limbah perairan, Penyamakan kulit, dan bulu domba.
Limbah manusia	: Tinja, kencing, dan sampah
Produk sampingan	: Bungkil, ampas tebu, sekam, limbah tembakau, limbah Industri, limbah pengolahan buah dan sayur, belotong, Pertanian limbah teh, dan debu kapas dari pabrik tekstil.
Seresah hutan	: Daun, ranting, kelika, dan cabang
Limbah tumbuhan	
Air	: Ganggang laut, gulma air, (enceng gondok, dan lainnya)

---

(Barnard dan Hill dalam Rehm dan Reed (ed), III, 1983)

Masalah utama sebenarnya adalah bagaimana memanfaatkan nilai limbah ini sebagai pupuk semaksimal dan seekonomis mungkin, sekaligus menghindari gangguan yang tidak menyenangkan dan pencemaran karena jumlah yang besar tersebut. Masalah ini telah mendorong pengembangan dan pematapan berbagai sistem perlakuan untuk penanganan limbah.

Ciri-ciri perlakuan secara biologi aerobik, yang telah diterapkan dengan berhasil untuk limbah rumah tangga, adalah penyediaan udara yang melimpah bagi organisme aerobik yang mengubah bahan limbah menjadi produk akhir yang relatif stabil. Perlakuan aerobik limbah pertanian terkendali telah dibuktikan dapat dilakukan, dan di beberapa pusat negara eropa dan amerika utara telah mengadakan penelitian dan program pengembangan berbagai sistem yang tersedia untuk usaha tani, sistem itu harus kuat, gampang pengoperasiannya dan pemeliharaannya.

Penanganan limbah padat biasanya memerlukan waktu panjang dan biaya yang tinggi, sehingga menjadi kebiasaan di unit-unit perternakan yang intensif untuk memindahkan limbah ini dengan menggunakan air, sehingga cairan kotor yang terjadi dapat dipompa kedalam tangki penyimpang atau sistem perlakuan lain. Ini adalah sistem penanganan yang paling sederhana, terdiri atas tangki tidak bergerak atau kolam yang

berisi limbah cair dan bergantung pada ukurannya untuk tersedianya dengan aerasi yang cukup. Luas permukaan harus besar dibanding dengan volumenya dan pada permukaan harus dapat tumbuh ganggang fotosintetik dengan baik. Laju penambahan limbah harus rendah dan kedalamannya tidak lebih dari lima kaki, tempat harus seluas mungkin karena oksigen tidak mudah larut dalam air. Nilai praktis sistem demikian bersifat terbatas, karena :

1. perlakuan limbah memerlukan waktu lama, yang berarti memerlukan kolam yang luas bila harus dapat menampung limbah dalam jumlah besar .
2. benda-benda padat akan mengendap diuraikan secara aerobik .
3. menyediakan tempat untuk berkembang biaknya serangga.

Keuntungannya bersifat ganda, yaitu :

1. Tidak memerlukan alat mekanik .
2. Bebas dari biaya pemeliharaan.

Kolam yang mendapat aerasi bersifat seperti kolam oksidasi, tetapi memerlukan peralatan mekanik untuk memudahkan aerasi, pencampuran dan menjaga agar zat padat tetap dalam suspensi. Dengan cara ini kolam dapat lebih sempit dan lebih dalam untuk laju penguatan yang sama. Laju perlakuan dan kualitas hasil keluaran lebih dapat diperkirakan. Kolam merupakan sistem perlakuan penyimpanan utama dan lebih disukai jika limbah tidak dapat dibuang kedalam aliran terbuka atau penampungan air untuk irigasi.

### ***A.KOMPOS (aerob)***

Kompos dapat diartikan sebagai pupuk organik yang telah mengalami proses perombakan secara sempurna oleh mikroorganisme pengurai, berwarna kehitam-hitaman dan berstruktur lemah, serta mempunyai nisbah C/N yang rendah mendekati nisbah C/N tanah.

Kualitas kompos masih sulit untuk didefinisikan karena mencakup jenis dan komposisi bahan baku, proses dan kandungan hara pada hasil akhirnya. Satu hal yang pasti kita ketahui kompos yang baik apabila pengurainya telah berhenti yang biasanya

memakan waktu 3-4 bulan, butirannya halus berwarna coklat kehitaman dan mempunyai perbandingan C/N yang rendah yaitu mendekati nisbah C/N tanah (Lingga,1991). Sekarang telah dibuat MOL (Mikroorganisme Lokal) atau Dekomposer atau Bioaktivator. Dengan menggunakan bahan ini maka proses pengomposan akan bias dipercepat sehingga diperlukan waktu 20 – 40 hari.

Ditinjau dari segi bahan asalnya, maka dikenal ada dua macam pupuk organik, yaitu pupuk kandang yang berasal dari tinja/ kotoran hewan dan pupuk kompos yang terutama berasal dari sisa tumbuhan. Kompos adalah bahan organik yang telah melapuk seperti daun-daunan, jerami padi, alang-alang, rumput-rumputan, dedak padi dan sebagainya. Ada juga yang mendefinisikan bahwa kompos adalah pupuk alami yang terbuat dari bahan-bahan hijauan dan bahan organik lain yang sengaja ditambah untuk mempercepat proses pembusukan, misalnya kotoran ternak.

Dilingkungan alam terbuka, kompos bisa terbentuk dengan sendirinya. Lewat proses alami rumput-rumput, daun-daunan dan kotoran hewan serta sampah lainnya lama kelamaan membusuk karena kerjasama antara mikroorganisme dengan cuaca. Kompos hasil proses alami ini kualitasnya kurang baik dan memerlukan waktu cukup lama. Sebaliknya bila campur tangan manusia, akan didapat kompos yang berkualitas cukup baik dengan waktu yang lebih pendek.

Pengomposan adalah penguraian aerobik bahan organik menjadi produk sejenis bunga tanah (humus). Penguraian dilakukan berbagai organisme, seperti bakteri, actinomisetes, cendawan, protozoa dan cacing. Jenis organisme yang dominan bergantung pada susunan bahan organik, ukuran zarah, kandungan lengas, jumlah oksigen dan suhu. Selama proses pengomposan bahan organik diubah menjadi karbondioksida ( $CO_2$ ) dan air ( $H_2O$ ), disertai dengan pembebasan energi. Sebagian energi tersebut dipergunakan oleh mikroorganisme untuk pertumbuhan selnya dan sebagian lain menyebabkan meningkatnya suhu.

Pada proses pengomposan, bahan-bahan organik ditumpuk sedemikian rupa sehingga mengalami perubahan-perubahan tertentu. Senyawa-senyawa yang larut dalam air merupakan senyawa yang paling awal dimetabolisme oleh mikroorganisme. Kandungan senyawa-senyawa yang larut dalam air berkisar antara 20 sampai 40% dari berat kering. Setelah itu selulosa dan hemiselulosa akan mengalami

peruraian. Lignin merupakan senyawa yang lebih sulit dan lambat diuraikan. Pada humus, lignin merupakan penyusun utamanya. Setelah satu sampai dua bulan, warna bahan akan berubah menjadi coklat tua atau kelabu gelap. Volume bahan akan berkurang, dapat mencapai sekitar setengah dari volume asalnya. Ratio C-N bahan juga mengalami penurunan sehingga mencapai sekitar 10 : 1 pada waktu kompos telah matang.

Menurut Murbandono (1992) didalam tumpukan bahan-bahan organik pada pembuatan kompos, selalu terjadi berbagai perubahan yang dilakukan oleh jasad mikro tanah. Perubahan-perubahan tersebut terjadi :

- a. Penguraian hidrat arang, selulosa, hemiselulosa menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ .
- b. Penguraian protein, melalui amida-amida dan asam-asam amino menjadi amoniak ( $\text{NH}_3$ ),  $\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{CO}_2$ .
- c. Pengikatan beberapa jenis unsur-unsur hara dalam tubuh jasad mikro, terutama, N, P dan K dan lain-lain yang akan terlepas kembali setelah jasad tersebut mati.
- d. Pembebasan unsur-unsur hara dari senyawa-senyawa organik menjadi senyawa anorganik yang tersedia bagi tumbuh-tumbuhan.
- e. Menguraikan lemak dan lilin menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ .

Cepat atau lambatnya perubahan-perubahan yang terjadi akan dipengaruhi oleh berbagai faktor. Menurut Murbandono (1992), berlangsungnya penguraian bahan tanaman pada pembuatan kompos dipengaruhi oleh :

1. Kandungan lignin dan senyawa-senyawa sejenisnya didalam bahan asalnya. makin banyak mengandung senyawa tersebut makin lambat penguraiannya dan makin banyak memberikan humus.
2. Ukuran bahan asalnya. Makin halus ukuran bagian-bagian tanaman yang dipergunakan untuk membuat kompos, peruraiannya akan berlangsung semakin cepat. Oleh karena itu bahan-bahan yang akan digunakan untuk pembuatan kompos terlebih dahulu harus dipotong-potong.
3. Kandungan N dari bahan asalnya. Makin banyak kandungan senyawa N, makin cepat pula terurai, karena jasad mikro yang menguraikan bahan-bahan ini memerlukan senyawa-senyawa N untuk perkembangannya.

4. pH pada tumpukan kompos. Supaya proses peruraiannya berlangsung cepat, pH dalam tumpukan kompos tidak boleh terlalu rendah, karena itu perlu ditambah kapur atau abu dapur.
5. Cukup mengandung air dan udara. Bila tumpukan kompos kurang mengandung air, maka peruraian akan berlangsung lambat dan tidak sempurna. Sebaliknya bila terlalubanyak mengandung air, keadaan akan berubah menjadi anaerobik dan juga tidak menguntungkan bagi kehidupan jasad yang menguraikan bahan-bahan tersebut.
6. Suhu optimal untuk berlangsungnya proses peruraian adalah berkisar antara 30 – 45 °C.
7. Bila bahan dasarnya merupakan campuran dari berbagai macam bahan tanaman, maka peruraiannya relatif lebih cepat dari pada bahan yang berasal dari tanaman-tanaman sejenis.

Susunan hara kompos yang didapat tidak akan pernah tetap, karena hal ini sangat tergantung dari bahan yang akan digunakan dan proses penanganannya. Suatu hal yang dipakai sebagai pendiri kompos yang baik adalah: Penguraiaannya telah terhenti yang biasanya memakan waktu 3 – 4 bulan, butirannya halus berwarna coklat kehitaman dan mempunyai nisbah C/N yang rendah yaitu mendekati nisbah C/N tanah.

Kandungan utama kompos adalah C-organik, dan unsur-unsur hara yang kandungannya sangat bervariasi. Hasil penelitian pembuatan kompos oleh MCD Plant di New Delhi dengan bahan sampah kota menghasilkan kompos dengan kandungan hara sebagai berikut: 16,88 % C; 0,96 % N; 0,51 % P; 0,18 % K; C/N 18 dan pH nya 7 (Hakim dan Moersidi, 1982). Sedang Balai Penelitian Perkebunan Medan, Kompos Fa Jaya Tani, komposisinya sebagai berikut:

- |                                  |                              |
|----------------------------------|------------------------------|
| 1. Kelembaban                    | : 15,9 %                     |
| 2. N-total                       | : 3,4 %                      |
| 3. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | : 2,0 %                      |
| 4. K <sub>2</sub> O              | : 1,6 %                      |
| 5. C – organik                   | : 9,5 %                      |
| 6. Kehalusan                     | : 14,0 % (Murbandono, 1992). |

Peranan kompos di dalam tanah cukup banyak dan proses-prosesnya sangat kompleks. Pada garis besarnya peranan kompos dalam tanah adalah:

1. Memperbaiki sifat fisik tanah, seperti aerasi, dan drainase tanah, sebagai bahan pengikat butiran-butiran penyusun tanah (agregasi) dan sebagai pengatur suhu tanah.
2. Memperbaiki sifat kimia tanah, seperti meningkatkan unsur hara dalam tanah, mendorong daya larut fosfat, menetralkan unsur-unsur beracun dan meningkatkan KTK tanah.
3. Memperbaiki sifat biologi tanah, seperti memberikan media tumbuh yang baik dan memberikan energi untuk aktivitasnya.

#### **Bahan-bahan:**

Bahan Baku:

1. Sampah organik (80%)
2. Pupuk Kandang (10%)
3. Dedak (10%)

Larutan:

1. MOL (mikroorganisme Lokal) atau Dekomposer lainnya
2. Gula
3. Air

#### **Cara kerja:**

1. Sampah organik dipotong-potong atau dirajang dengan panjang kurang lebih 3-5 cm.
2. Sampah yang telah dipotong tadi ditambah Pupuk kandang dan dedak, kemudian diaduk merata.
3. Campuran tersebut di atas ditambah larutan yang terdiri dari Dekomposer, gula dan air secukupnya, sehingga diperoleh adonan bahan kompos.
4. Adonan tersebut di atas disiram dengan air sampai kandungan air kurang lebih 30-40%. Kemudian dimasukkan kedalam karung goni.
5. Simpan /diinkubasikan ditempat teduh.
6. Kandungan air atau kelembaban dan suhu harus tetap dijaga. Suhu jangan sampai

melebihi 50 °C.(Kelembaban dan suhunya dicek setiap 3 hari).

7.Bila suhu melebihi dari 50 °C , adonan yang ada dalam karung goni tadi di keluarkan kemudian dilakukan pengadukan kemudian dimasukkan kembali kedalam karung.

**Pengamatan Suhu :**

Hari pengamatan (Umur kompos)	Suhu kompos ( °C)	C/N Rasio	Keterangan
3			
6			
9			
12			
15			
18			
19			
20			

**Karakteristik Kompos :**

Umur Kompos (Hari)	Karakteristik				
	pH	C/N Rasio	Warna	Bau/aroma	struktur
3					
6					
9					
12					
15					
18					
19					
20					
dst					

## **Pembahasan:**

### ***B. BOKASHI (an aerob)***

Bokashi adalah hasil fermentasi bahan organik (Jerami, sampah organik, pupuk kandang) dengan teknologi EM yang dapat digunakan sebagai pupuk organik untuk menyuburkan tanah dan meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman. Bokashi dapat dibuat dalam beberapa hari dan bisa langsung digunakan sebagai pupuk.

Setiap bahan organik akan yang terfermentasi oleh mikroorganisme fermentasi (EM) dalam kondisi semi anarobik/anaerobik pada suhu 40-50 °C. Hasil fermentasi bahan organik berupa senyawa organik sangat mudah diserap oleh perakaran tanaman.

#### **Bahan:**

1. Jerami 200 kg termasuk berbagai jenis rumput/pupuk hijau dipotong-potong sepanjang 5-10 cm
2. Dedak 10 kg
3. Sekam 200 kg

4. Gula pasir 10 sendok makan
5. EM<sub>4</sub> 200 ml (20 sendok makan)
6. Air secukupnya

**Cara Pembuatan:**

1. Larutkan EM<sub>4</sub> dan gula kedalam air
2. Jerami, sekam dan dedak di campur secara merata
3. Siramkan larutan EM<sub>4</sub> secara perlahan-lahan kedalam adonan secara merata sampai kandungan air adonan mencapai 30%. Bila adonan dikepal dengan tangan, air tidak keluar dari adonan dan bila kepalan dilepas maka adonan akan megar
4. Adonan digundukkan diatas ubin yang kering dengan ketinggian 15-20 cm, kemudian ditutup dengan karung goni, selama 3-4 hari
5. Pertahankan suhu gundukan adonan 40-50 °C. Jika suhu lebih dari 50 °C, bukanlah karung penutup dan gundukan adonan dibalik-balik, kemudian ditutup lagi dengan karung goni. Suhu yang tinggi dapat mengakibatkan Bokashi menjadi rusak karena terjadi proses pembusukan pengecekan suhu dilakukan setiap 5 jam
6. Setelah 4 hari, Bokashi telah selesai terfermentasi dan siap digunakan sebagai pupuk organik.

**Pengamatan Suhu :**

Hari pengamatan (Umur Bokashi)	Suhu Bokashi ( °C)	C/N Rasio	Keterangan
3			
6			
9			
12			
15			
18			
Dst			

### Karakteristik Bokashi :

Umur Bokashi (Minggu)	Karakteristik				
	pH	C/N Rasio	Warna	Bau	Tekstur
3					
6					
9					
12					
15					
18					
dst					

### Pembahasan:

## VIII. METODE SEDERHANA PENILAIAN TINGKAT KEMATANGAN KOMPOS

### 8. 1. Kompetensi Dasar

Mahasiswa mampu menilai tingkat kematangan kompos dengan metode sederhana.

### 8.2. Pendahuluan

Kompos adalah salah satu pupuk organik yang sangat diperlukan bagi pertumbuhan tanaman dan kelestarian ekosistem tanah. Kompos merupakan hasil perombakan serasah organik yang dilakukan oleh organisme tanah. Pada tahap awal pengomposan, serasah organik dipecah menjadi potongan-potongan yang lebih kecil melalui dekomposisi secara fisik oleh organisme makro, misalnya cacing tanah dan rayap. Dekomposisi secara kimia dengan menghasilkan bahan antara dengan berat molekul rendah dan mudah larut dalam air dilakukan oleh sekelompok mikroorganisme tanah.

Proses pengomposan memerlukan waktu yang bervariasi dari beberapa minggu sampai dengan beberapa bulan tergantung kepada bahan yang dikomposkan. Serasah

tanaman leguminoses dan tanaman sukulen dengan kandungan selulose dan lignin yang rendah dapat dilapukkan dalam waktu 3 – 4 minggu. Serasah organik yang lebih keras, misalnya bahan dengan serat kayu atau berkayu memerlukan waktu lebih dari 3 bulan untuk menjadi kompos. Oleh karena, kandungan serat dan unsur hara tanaman sangat beragam sehingga penilaian mengenai tingkat kematangan kompos memerlukan metode spesifik dan pengalaman.

### 8.3. Alat dan Bahan

Alat yang diperlukan dalam praktikum ini adalah gelas beaker 1 liter , dan batang pengaduk. Bahan yang diperlukan adalah serasah tanaman, serasah tanaman yang sudah dikomposkan selama 2 minggu, serasah tanaman yang dikomposkan selama 1 bulan, dan air.

### 8.4. Tahapan Praktikum

Pengamatan visual :

- Ambil segenggam penuh masing-masing sampel kompos
- Amati proporsi serasah utuh, serasah yang setengah lapuk dan serasah yang melapuk sempurna
- Amati perbedaan warna masing-masing sampel kompos
- Perkirakan kadar air masing-masing sampel kompos dengan meremasnya dengan tangan

Metode perendaman :

- Timbang 25 g masing-masing sampel kompos, tempatkan di dalam gelas beaker
- Campurkan dengan air dan aduk merata
- Amati bentuk dan jumlah bahan yang mengapung
- Amati perubahan warna pada air rendaman

### 8.5 Data Pengamatan

No	Umur kompos (minggu)	Proporsi serasah utuh	Warna air perasan	Warna air perendam
1	0			

2	2			
3	4			

Keterangan :

++++ : masih utuh semua

+++ : masih banyak yang utuh

+ : sebagian besar / semua melapuk

**Pembahasan:**

## **IX. PENGARUH TINGKAT KEMATANGAN KOMPOS TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN**

### 9.1. Kompetensi Dasar

Mahasiswa mampu menilai pengaruh tingkat kematangan kompos terhadap pertumbuhan tanaman

### 9.2. Pendahuluan

Kompos merupakan salah satu sumber unsur hara, bahan organik dan komunitas mikroba bagi pertumbuhan tanaman. Penggunaan kompos telah banyak dilaporkan mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman. Pemilihan kompos berdasarkan umurnya yang akan digunakan sebagai pupuk organik merupakan salah satu faktor penting untuk memperoleh pertumbuhan tanaman sesuai dengan harapan. Kompos yang masih muda memiliki kandungan unsur hara tersedia yang masih rendah dan disisi lain mikroba yang berperan sebagai dekomposer juga memerlukan unsur hara untuk melanjutkan proses pelapukan. Kompos yang sudah matang dapat menyediakan unsur hara dalam jumlah tertentu untuk pertumbuhan tanaman dan mikroba tidak akan memerlukan banyak unsur hara untuk melapukan sisa bahan yang belum terlapuk.

### 9.3. Alat dan Bahan

Alat yang diperlukan adalah polibag untuk 2 kg tanah, mistar, timbangan dan alat-alat tulis. Bahan yang akan digunakan adalah tanah tegalan, kompos dengan umur 0, 2 dan 4 minggu, bibit sawi hijau siap tanam dan air untuk menyiram.

### 9.4. Tahapan Praktikum

1. Siapkan media tanam dengan mencampurkan 1 kg tanah dengan 1 kg kompos untuk setiap polibag
2. Tanam bibit sawi hijau dan pelihara selama 4 minggu dengan penyiraman
3. Ukur tinggi tanaman dan jumlah daun setiap minggu
4. Timbang bobot basah tanaman pada akhir pemeliharaan (minggu ke-4).

## **9.5. Data Pengamatan**

## **9.6. Pembahasan:**

## **X. RESPON CACING TANAH TERHADAP KEKERINGAN DAN APLIKASI PESTISIDA PADA TANAH**

### **10.1. Kompetensi Dasar**

Mahasiswa dapat mengetahui reaksi cacing tanah terhadap tekanan kekeringan dan pestisida di dalam tanah.

### **10.2. Pendahuluan**

Cacing tanah adalah makroorganisme fungsional di dalam tanah karena berperan sebagai pembangun jalur draenasi, perombak bahan organik, dan pendistribusi bahan organik di dalam tanah. Jenis makroorganisme ini sangat sensitif terhadap perubahan kondisi lingkungan terutama pH, kadar air, ketersediaan bahan organik yang terbatas dan tekanan pestisida tertentu. Berbeda dengan mikro dan meso organisme, cacing tanah memiliki kemampuan untuk berpindah secara cepat dari tempat yang kurang sesuai menuju tempat yang lebih sesuai untuk kehidupannya.

### **Distribusi dan Ekologi Cacing Tanah**

Distribusi cacing tanah tidak merata tersebar didalam tanah. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap variasi penyebaran ini adalah :

1. Sifat kimia dan fisika tanah yang meliputi : kelembaban tanah, pH dan bahan organik.
2. Ketersediaan makanan, terdiri dari sampah, daun-daunan dan pupuk kandang.
3. Potensial reproduktif dan kemampuan penyebaran spesies itu sendiri.

Bila ketiga faktor diatas mendukung, maka penyebarannya akan semakin meluas dengan populasi semakin meningkat. Biasanya banyak terdapat pada kedalaman tanah 12-18 cm dari permukaan.

Cacing tanah dapat hidup dan berkembang biak pada habitat alami dan habitat buatan manusia. Di habitat alami cacing tanah hidup dan berkembang buak dalam tanah. Faktor-faktor ekologi yang mempengaruhi kehidupan cacing tanah di habitat alami adalah :

**a. Suhu.**

Semua aktivitas cacing tanah sangat dipengaruhi oleh temperatur (suhu). Suhu tanah yang ideal untuk pertumbuhan cacing tanah dan penetasan kokonya berkisar antara 15 – 25° C. Suhu tanah yang lebih tinggi dari 25° C masih cocok, tetapi harus diimbangi dengan kelembaban yang memadai dan naungan yang cukup.

**b. Kelembaban.**

Kelembaban tanah mempengaruhi pertumbuhan dan daya reproduksi cacing tanah. Kelembaban yang ideal berkisar antara 15 – 50 %.

**c. pH tanah**

Cacing tanah tumbuh dan berkembang biak dengan baik bila pH tanah berkisar antara 8 – 7,2.

**d. Ketersediaan Bahan Organik**

Bahan organik merupakan pakan utama cacing tanah, oleh karena itu makin banyak bahan organik dalam tanah maka perkembangbiakan cacing tanah akan semakin cepat. Cacing tanah dapat mencerna bahan organik seberat badannya, bahkan mampu memusnahkan bahan organik seberat dua kali lipat berat badannya selama 24 jam. Oleh karena itu cacing tanah yang hidup dalam tanah yang kaya bahan organik dapat berfungsi sebagai pemusnah bahan organik (dekomposisi) dan kascingnya berguna sebagai pupuk organik.

**Peran Cacing Tanah Dalam Meningkatkan Kesuburan Tanah.**

Cacing tanah dapat meningkatkan kesuburan tanah dan produktivitas tanah. Hal ini terbukti dari beberapa hasil penelitian yang menyebutkan bahwa cacing tanah dapat berperan dalam :

- a. Memantapkan struktur tanah
- b. Meningkatkan stabilitas agregat
- c. Menghancurkan butir-butir tanah
- d. Membalikkan tanah
- e. Memperbaiki aerasi tanah
- f. Menghasilkan kascing yang kaya akan unsur hara.

Aktivitas cacing tanah banyak berpengaruh terhadap proses pembentukan struktur tanah karena :

- a. Pencernaannya dapat menghancurkan bahan organik dan mencampur baurkan fraksi-fraksi ini lalu mengeluarkannya dalam bentuk kotoran ke permukaan tanah.
- b. Menggali terowongan dan mengangkat bawah (sub soil) ke permukaan.

Peranan cacing tanah dalam menghancurkan butir-butir tanah, telah dibuktikan dalam suatu penelitian yang mendapatkan cacing tanah dapat menghancurkan pasir kwarsa yang terdapat dipermukaan tanah (Evans,1948). Percobaan yang hampir sama menyimpulkan bahwa cacing tanah dapat menghancurkan bahwa basalt dan granit.

Cacing tanah dapat meningkatkan kesuburan tanah melalui mineralisasi N dari cacing tanah yang telah mati, yang besarnya kurang lebih 3 % dalam bentuk senyawa organik. Tubuh cacing tanah mengandung 72 % protein dari berat keringnya dan tubuh cacing tanah yang mati dapat menghasilkan 10 mg nitrat. Populasi cacing tanah per hektar dapat mencapai 3.750.000 ekor dan ini dapat menghasilkan kurang lebih 217 kg nitrat / ha. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam plot yang mengandung 126 g cacing / m<sup>2</sup>, dapat menghasilkan 70 kg N/ha.

Ekskresi cacing tanah juga mengandung senyawa nitrogen. Diperkirakan bahwa total N yang dikeluarkan cacing tanah sebagai berikut :

- a. Setengah dikeluarkan sebagai nukleoprotein melalui sel-sel kelenjar pada epidermis.
- b. Setengahnya lagi dalam bentuk amonia, urea, dan Allamtain dalam cairan urine yang telah diekskresikan. Dan ini sangat tergantung dari jenis makanan cacing tanah. Bentuk ini bisa mencapai 129 mg/kg NH<sub>4</sub><sup>+</sup> atau NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

Pada Tabel berikut disajikan data kadar hara dari ekskresi cacing tanah dan kascing.

Tabel 5.2. Kadar Hara dari Ekskresi Cacing Tanah

No.	Jenis unsur / hara	Kadar
1.	C/N ratio	14,7
2.	NO <sub>3</sub>	21,9 mg/kg
3.	K- total	1,19 %
4.	K- dd	2793,00 mg/kg
5.	Ca- total	25,6 %
6.	Mg- total	0,55 %
7.	P- tersedia	150,00 mg/kg
8.	K- tersedia	358,00 mg/kg
9.	pH	7,0

### 10.3. Alat dan Bahan

Alat-alat yang diperlukan adalah bak plastik, gelas beaker, sendok pengaduk, timbangan, dan alat-alat tulis. Bahan yang diperlukan adalah tanah tegalan, air, cacing tanah, insektisida berbahan aktif karbofuran dan lindane.

### 10.4. Tahapan Praktikum

Pengamatan pengaruh kekeringan :

1. Siapkan 2 bak plastik dan pasang sekat karton secara membujur di tengah-tengah bak.
2. Masukkan tanah kering di salah satu bagian bak plastik pertama dan tanah dengan kadar air setengah kapasitas lapang di salah satu bagian bak kedua.
3. Tempatkan tanah kapasitas lapang di kedua bagian bak yang kosong.
4. Masukkan masing-masing 10 ekor cacing tanah ke dalam tanah yang tidak kapasitas lapang.
5. Buka karton penyekat bak dan tutup rapat bagian atas permukaan tanah supaya cacing tidak keluar.
6. Inkubasikan selama 2 hari
7. Hitung jumlah cacing yang pindah ke tanah kapasitas lapang

### **Pengamatan pengaruh pestisida :**

1. Siapkan 3 bak plastik dan pasang sekat karton di tengah-tengah bak secara membujur
2. Masukkan tanah kering di setiap bagian bak
3. Tambahkan air untuk mencapai kapasitas lapang pada salah satu bagian bak pertama.
4. Campurkan merata lindan dengan dosis anjuran pada tanah di sisi lain dari bak pertama, dan lanjutkan dengan penyiraman untuk mencapai kapasitas lapang.
5. Tambahkan air untuk mencapai kapasitas lapang pada salah satu bagian bak kedua.
6. Campurkan merata karbofuran dengan dosis anjuran pada tanah di sisi lain dari bak kedua, dan lanjutkan dengan penyiraman untuk mencapai kapasitas lapang.
7. Tambahkan air untuk mencapai kapasitas lapang pada salah satu bagian bak ketiga.
8. Campurkan merata lindan dan karbofuran dengan 1/2 dosis anjuran pada tanah di sisi lain dari bak ketiga, dan lanjutkan dengan penyiraman untuk mencapai kapasitas lapang.
9. Benamkan masing-masing 10 ekor cacing tanah pada tanah yang mengandung pestisida, buka sekat karton dan tutup rapat bagian atas tanah.
10. Inkubasikan selama 2 hari dan amati berapa jumlah cacing berpindah dari tanah yang mengandung pestisida

### 10.5 Data Pengamatan

No	Perlakuan	Jumlah Cacing	
		Pindah	Mati
1	Tanah kering		
2	Kadar air setengah kapasitas lapang		
3	Lindane		
4	Karbofuran		
5	Karbofuran + Lindane		

**Pembahasan:**

## **Daftar Pustaka**

- Dana Atmaja, Wayan. 2001. Bioteknologi Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Udayana, Denpasar.
- Dana Atmaja, I.W. 1996. Pengaruh pemupukan N dan Inokulasi Rhizobium Japonicum Terhadap Penambatan N dan Hasil Kedelai Varietas Wilis pada Tanah Regosal, Tesis S2 Program Pasca Sarjana UGM. Yogyakarta.
- Lynch, J.M. 1983. Soil Biotechnology, Microbial Factor in Crop Productivity Blackwell Sci. Publ. Oxford London.
- Vaughan, D. & R.E. Malcolm. 1985. Soil Organic Matter and Biological Activity. Kluwer Academic.
- Murbandono, L. 1992. Membuat Kompos. Swadaya, Jakarta.
- Joetono, 1988. Bioteknologi Tanah, PAU Bioteknologi UGM, Yogyakarta.
- Rao N. S. 1984. Current Development in Biological Nitrogen Fixation. Oxford & IBH Publishing Co, New Delhi.