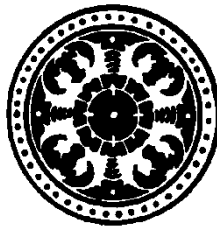


**PRINSIP-PRINSIP ILMU GIZI TERNAK  
BABI**



**OLEH  
I KETUT SUMADI**

**FAKULTAS PETERNAKAN  
UNIVERSITAS UDAYANA  
2017**

## **KATA PENGANTAR**

Penulis mencoba menyajikan diktat PRINSIP-PRINSIP NUTRISI TERNAK BABI dalam bentuk diktat ini dengan tujuan untuk melengkapi mata kuliah wajib ILMU GIZI TERNAK NON RUMINANSIA pada Fakultas Peternakan Universitas Udayana. Rasa syukur kehadiran Yang Maha Kuasa dan terimakasih atas dorongan dari berbagai pihak, sehingga diktat ini dapat penulis selesaikan. Mungkin selanjutnya, diktat ini akan terus mengalami perubahan-perubahan disesuaikan dengan perkembangan nutrisi ternak babi di masa yang akan datang.

Semoga apa yang tertuang di dalam diktat ini dapat bermanfaat bagi para pembaca, serta kami sangat mengharapkan kritik dan saran sebagai bahan penyempurnaan.

Denpasar, September 2017

Penulis,

## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR ISI</b>		
	<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
	<b>DAFTAR ISI</b> .....	ii
<b>I.</b>	<b>DEFINISI</b> .....	1
<b>II.</b>	<b>SISTEM PENCERNAAN TERNAK BABI</b> .....	4
	2.1. Mulut .....	4
	2.2. Perut Besar .....	6
	2.3. Usus halus, Pankreas dan Hati .....	9
	2.4. Usus Besar .....	11
<b>III.</b>	<b>NUTRISI</b> .....	13
	3.1. Energi .....	19
	3.2. Protein dan Asam-asam Amino .....	23
	3.3. Lemak dan Asam-asam Lemak .....	28
	3.4. Karbohidrat dan Serat Kasar .....	31
	3.5. Mineal .....	33
	3.6. Vitamin .....	36
	3.7. Air .....	38
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	42

## I. DEFINISI

Definisi Ilmu Nutrisi menurut Scott *et al.* (1976) adalah ilmu yang mempelajari tentang proses-proses untuk melengkapi sel-sel dalam tubuh hewan dengan bagian-bagian yang berasal dari luar tubuh yang telah merupakan persenyawaan-persenyawaan kimia yang diperlukan untuk fungsi optimum dari semua reaksi-reaksi kimia dalam proses metabolisme, yang termasuk di dalamnya adalah proses-proses untuk kebutuhan pertumbuhan, kebutuhan hidup pokok, kebutuhan untuk kerja, kebutuhan produksi dan kebutuhan reproduksi. Menurut beberapa ahli, istilah ini umumnya digunakan untuk menggambarkan sifat penyerapan dan pemanfaatan nutrisi termasuk konversi optimal dari pakan untuk kinerja, kesehatan dan produksi. Jadi nutrisi adalah komponen-komponen pakan yang mendukung kehidupan. Di alam, terdapat berbagai pakan-pakan yang berbeda bagi ternak untuk menyediakan nutrisi yang diperlukan oleh tubuhnya.

Berikut ini adalah kesepakatan pada prinsip, definisi dan dimensi ilmu nutrisi baru, yang dibuat oleh Beauman *et al.* (2005) sebagai peserta *workshop* pada tema tersebut yang diadakan pada tanggal 5-8 April 2005 di Universitas Justus-Liebig, Giessen, Jerman. Prinsip secara umum adalah mendorong mengenai kajian-kajian dan penelitian-penelitian dibidang ilmu nutrisi supaya bersifat bertanggungjawab dan etis. Secara prinsip juga harus mendorong supaya pengembangan ilmu nutrisi merupakan tanggung jawab bersama dan secara berkelanjutan dan dengan pendekatan *life-course* dan *human rights* dengan memahami evolusi, sejarah dan ekologi. Pekerjaan mendesak dan relevan yang harus dilakukan bersama-sama oleh

para profesional yang bekerja dalam ilmu nutrisi dan pakan adalah dalam tiga dimensi yaitu biologi, sosial dan lingkungan. Dalam pertemuan Giessen tersebut disepakati definisi ilmu nutrisi adalah ilmu yang mempelajari tentang sistem pangan, pakan dan minuman, nutrisi dan unsur penyusunnya, serta interaksinya yang relevan dengan biologi, sosial dan lingkungan. Demikian halnya, tujuan ilmu nutrisi adalah untuk berkontribusi pada dunia di mana generasi sekarang dan masa depannya terpenuhi potensi mereka. Potensi mereka yang dimaksud adalah hidup dengan kesehatan terbaik, berkembang, berkelanjutan serta dinikmati yang disesuaikan dengan semakin meningkatnya keragaman manusia, lingkungan hidup dan lingkungan fisik. Seperti telah dijelaskan di atas bahwa kesepakatan-kesepakatan tersebut disesuaikan dengan bidang ilmu dan profesi masing-masing.

Pakan adalah pakan/asupan yang diberikan kepada hewan ternak (peliharaan). Istilah ini diadopsi dari bahasa Jawa. Pakan merupakan sumber energi dan materi lain bagi pertumbuhan dan kehidupan makhluk hidup. Zat yang terpenting dalam pakan adalah protein. Pakan berkualitas adalah pakan yang mempunyai kandungan protein, lemak, karbohidrat, mineral dan vitaminnya seimbang. Pakan ternak diklasifikasi sebagai konsentrat (*concentrate*) dan rafid (*roughage*). Konsentrat merupakan pakan yang padat energi atau protein, sedangkan rafid adalah pakan yang kaya serat kasar (>18%). Bahan pakan yang padat energi ataupun protein meliputi biji-biji sereal, seperti: jagung, gandum, *barley*, *oat*, *milo*, sorghum, molases, produk-produk susu bubuk, tepung limbah minyak (bungkil kedelai/soybean meal, bungkil biji kapas/cottonseed meal, tepung bungkil biji rami/linseed meal), pollard/dedak gandum, bungkil jagung/*distillers dried grains soluble/DDGS*, ampas tahu, dan ampok jagung. Pakan konsentrat juga dikenal disamping sebagai pakan

berenergi atau protein tinggi, tetapi konsentrat kandungan serat kasar rendah dan kecernaannya sangat tinggi (80-90%). Pakan yang tergolong rafid termasuk ke dalamnya *hay* legum, *hay* rumput-rumputan, jerami, dan produksi limbah pertanian lainnya dan rumput-rumputan. Produk-produk olahan seperti silase, soilage, serta produk olahan terfermentasi merupakan bahan pakan olahan yang lebih mudah dicerna dibandingkan dengan bahan segarnya. Kecernaan rafid lebih rendah dibandingkan dengan konsentrat, sekitar 50-65% bahkan semua jerami malahan lebih rendah.

## II. SISTEM PENCERNAAN BABI

Sistem pencernaan babi merupakan sistem pencernaan monogastrik, dimana sistem pencernaan babi sangat sesuai untuk pakan berbasis konsentrat yang biasanya diberikan kepada ternak babi. Dalam hal organ-organ yang terlibat, seluruh saluran pencernaan relatif sederhana yang terhubung dalam tabung *muskulo-membranous* berurutan dari mulut sampai ke anus. Namun sistem pencernaan yang seperti ini melibatkan banyak fungsi interaktif yang kompleks. Gambar saluran pencernaan pada babi disajikan pada gambar 1.

### 2.1. Mulut

Mulut memainkan peran yang sangat berharga sekali, tidak hanya untuk mengonsumsi pakan tetapi juga berperan untuk memperkecil ukuran partikel-partikel pakan. Sementara gigi melakukan peran utama dalam penggilingan selama pengunyahan untuk memperkecil ukuran partikel-partikel pakan tersebut sehingga meningkatkan luas permukaan pakan. Proses pertama ini untuk memudahkan pemecahan pakan secara kimiawi yang terjadi pada saat pakan dicampur dengan air liur di dalam mulut.

Pada saat pakan mulai masuk dimulut akan merangsang keluarnya *saliva* (air ludah). Proses dimulai di mulut, ternak mengunyah pakan dan memperkecil ukuran-ukuran partikel dan kemudian *saliva* dikeluarkan dan berfungsi membasahi pakan. Enzim *amilase* dikeluarkan bersama *saliva* (oleh beberapa spesies hewan, termasuk babi dan juga manusia) dan akan memecah pati. Namun, hanya sebagian kecil saja

yang terjadi dalam proses pencernaan pati oleh *amilase* menjadi senyawa yang lebih sederhana di dalam mulut, karena pakan hanya sebentar saja tinggal di dalam mulut.

Di mulut, terdapat tiga kelenjar utama *saliva*, yang meliputi kelenjar *parotid*, *mandibula* dan *sub-lingual* (Taylor and Field, 2004). Air liur disekresikan ke dalam mulut oleh tiga pasang kelenjar ludah: parotid yang terletak di depan setiap telinga; submandibula (*submaxillary*), yang terletak di setiap sisi rahang bawah; dan kelenjar sublingual, yaitu di bawah lidah.

Sekresi air liur adalah tindakan refleks yang dirangsang oleh adanya pakan di mulut. Jumlah lendir yang ada dalam air liur diatur oleh kekeringan atau kelembaban pakan yang dikonsumsi. Dengan demikian, dalam pakan kering lebih banyak saliva yang disekresikan sementara dalam pakan basah hanya disekresikan sejumlah kecil saja untuk membantu menelan pakan. Air liur umumnya mengandung kadar *amilase* yang sangat rendah, enzim yang menghidrolisis pati menjadi maltosa. Kontribusi enzim pencernaan dari air liur ini kecil tapi masih perlu diperhatikan. Begitu pakan dikunyah dan bercampur dengan air liur, ia melewati mulut, faring dan kemudian esofagus terus ke perut besar (lambung). Gerakan pakan di dalam kerongkongan melibatkan gerakan peristaltik otot, yaitu gerakan kontraksi dan relaksasi otot untuk menggerakkan pakan. Di dalam mulut, saliva memiliki komposisi yang umumnya terdiri atas 99-99,5% air dan 0,51-1 % lagi terdiri atas *mucin*, enzim amilase dan kompleks *lysozyme*, garam-garam anorganik dan zat organik lainnya. Unsur-unsur organik yang menyusun saliva antara lain : protein, lipida, glukosa, asam amino, amoniak, vitamin, asam lemak. Unsur-unsur anorganik yang menyusun saliva antara lain (McDonald *et al.* (2010): sodium, kalsium, magnesium, bikarbonat, kloride, rodanida, thiosianat, fosfat, dan potassium. Konsentrasi yang paling tinggi dalam



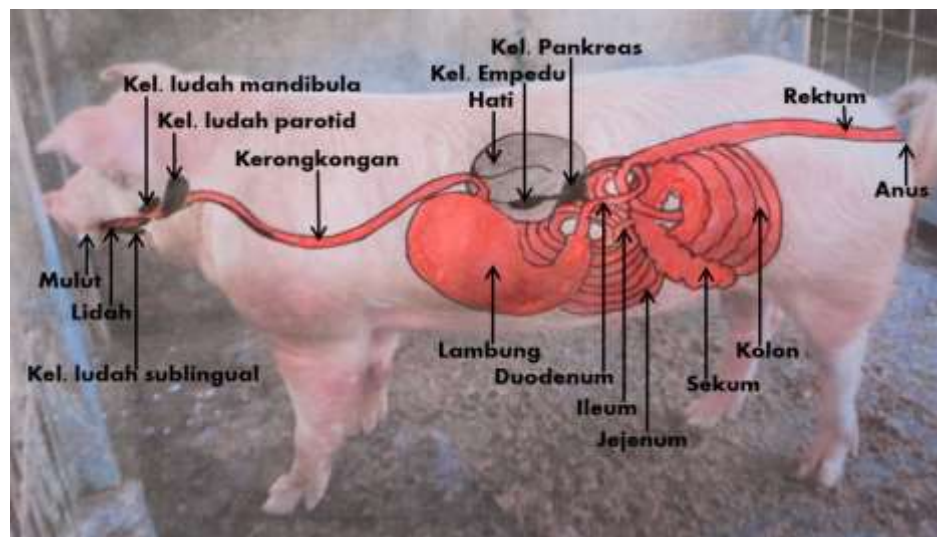
saliva adalah kalsium dan natrium. Senyawa organik yang terkandung dalam saliva yang bertindak sebagai *buffer* (penyangga) terhadap pH terutama gugus bikarbonat, fosfat, asam karbonat, amonia dan urea. Kapasitas *buffer* saliva terutama ditentukan oleh kandungan bikarbonat, sedangkan fosfat, protein, amonia dan urea merupakan tambahan sekunder pada kapasitas *buffer* (DeRouchey *et al.*, 2009).

Salah satu unsur penting dalam air liur adalah senyawa glikoprotein. Adanya senyawa glikoprotein antibakteri seperti lisozim dan laktoferin (Wolff *et al.*, 2002) menjadikan air liur sebagai pencegah masuknya bakteri ke dalam saluran cerna. Kelenjar ludah berperan cukup penting dalam proses pencernaan akanan dan pertahanan tubuh, sehingga pengetahuan ilmiah tentang kelenjar ludah perlu dikembangkan. Pada mamalia, kelenjar ludah terdiri atas kelenjar ludah utama antara lain: kelenjar parotis, kelenjar mandibularis, kelenjar sublingualis, kelenjar zigomatik (karnivora) dan kelenjar ludah tambahan antara lain: kelenjar labialis, kelenjar buccalis, kelenjar lingualis dan kelenjar palatina (Samuelson, 2007; Dellmann dan Brown, 1993).

## **2.2. Perut Besar**

Perut besar (lambung, *Ventriculus*) adalah organ berotot yang bertanggung jawab untuk penyimpanan dan memulai pemecahan nutrien, dan setelah itu pakan yang telah dicerna (*digesta*) masuk ke dalam usus halus. Perut besar memiliki empat bagian yang berbeda (DeRouchey *et al.*, 2009) meliputi bagian *esophageal*, *cardiac*, *fundus* dan *pylorus* (Gambar 1.1. dan 1.2.). Daerah *esophageal* terletak di pintu masuk lambung dari kerongkongan (*oesophagus*). Daerah perut ini tidak

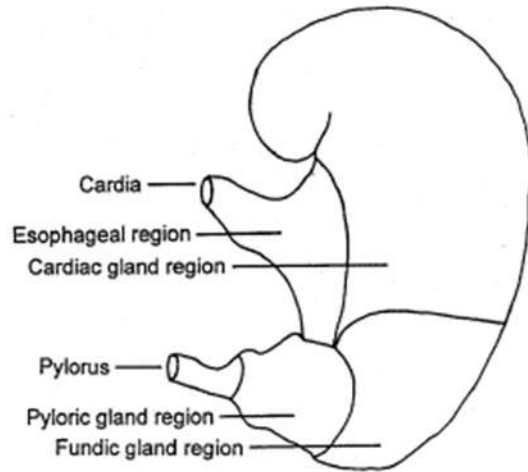
mensekresikan enzim pencernaan namun memiliki arti penting bahwa di sinilah sering terbentuknya ulkus pada babi. Iritasi di daerah ini karena ukuran kehalusan partikel pakan, stres atau faktor lingkungan lainnya dapat menyebabkan terbentuknya ulkus pada babi. Kalau terjadi ulkus, dapat mengganggu kesehatan babi dan konsumsi pakan menurun. Begitu pakan melewati daerah ini, kemudian memasuki daerah *cardiac*.



**Gambar 2.1. Saluran Pencernaan Babi (Sumadi, 2017)**

Di bagian *cardiac* lambung ini, lendir (*mucus*) disekresikan dan dicampur dengan pakan yang telah dicerna. Pakan kemudian masuk ke daerah *fundus* yang merupakan bagian utama dan pertama dari lambung yang memulai proses pencernaan. Di wilayah ini, kelenjar pencernaan mengeluarkan asam hidroklorida (HCl), sehingga suasana menjadi sangat asam dengan pH rendah sekitar pH 1,5 sampai 2,5. Peran yang sangat penting dari air ludah yang secara bersama-sama dengan digesta memasuki lambung. Air ludah disamping mengandung enzim

pencernaan, juga sebagai *buffer*. Kondisi pH yang rendah ini akan membunuh bakteri yang tertelan bersama-sama dengan pakan.



**Gambar 2.2. Bagian-bagian lambung babi (DeRouchey *et al.*, 2009)**

Sekresi lain di daerah ini hadir dalam bentuk enzim pencernaan, khususnya pepsinogen. Pepsinogen kemudian dipecah oleh asam klorida untuk membentuk pepsin, yang sangat berperan dalam pemecahan protein. Akhirnya digesta bergerak ke bagian bawah perut, yaitu daerah *pylorus*. Daerah ini bertanggung jawab untuk mensekresikan lendir untuk melapisi membran pencernaan agar tidak terjadi kerusakan akibat pH rendah dan digesta saat melewati usus halus. Pyloric *sphincter* mengatur jumlah digesta (*chyme*) yang masuk ke usus halus. Ini adalah fungsi penting untuk tidak membebani usus halus secara berlebihan sehingga pencernaan dan penyerapan nutrisi dapat berjalan dengan tepat dan efisien. Selain itu, begitu *chyme* meninggalkan lambung, bahannya dalam konsistensi halus, lunak cukup cair.

### 2.3. Usus Halus, Pankreas dan Hati

Usus halus merupakan tempat utama penyerapan nutrisi dan usus halus terbagi menjadi tiga bagian. Bagian pertama adalah *duodenum* (Gambar 1.1.). Bagian *duodenum* kira-kira sepanjang 12 inci dan merupakan bagian dari usus halus di mana sebagai tempat bermuaranya saluran kelenjar dari pankreas dan hati (empedu). Pankreas berperan dalam ekskresi eksokrin dan endokrin. Ini berarti, pankreas bertanggung jawab atas sekresi insulin dan glukagon sebagai respons terhadap kadar glukosa tinggi atau rendah dalam darah. Selain itu, ia memiliki fungsi eksokrin untuk mensekresikan enzim pencernaan dan sodium bikarbonat. Enzim pencernaan mencerna protein, lemak, dan karbohidrat di dalam *chyme*. Selain itu, sodium bikarbonat berperan penting untuk memberi alkalinitas sehingga *chyme* dapat masuk ke dalam usus halus tanpa menyebabkan kerusakan sel karena pH rendah setelah meninggalkan lambung. Pankreas berfungsi sebagai organ yang paling vital dalam proses pencernaan untuk memproduksi dan mensekresikan enzim yang dibutuhkan untuk pencernaan *chyme* dan pencegahan kerusakan sel-sel usus halus akibat pH rendah tersebut.

Sekresi kelenjar pankreas dan pelepasan empedu dari kantongnya dirangsang oleh sekretin, pankreozimin dan kolesistokinin, dimana ketiga hormon tersebut dilepaskan oleh sel-sel *duodenum*. Enzim-enzim yang berasal dari pankreas adalah lipase, tripsin, kimotripsin dan amilase. Lipase yang berfungsi untuk menghidrolisis lemak menjadi asam-asam lemak dan gliserida; tripsin, berfungsi memecah protein dan polipeptida menjadi rantai-rantai yang lebih pendek yang disebut peptida; kimotripsin, berfungsi memecah peptida-peptida menjadi asam-asam amino; dan

amilase memecah pati menjadi disakarida dan disakarida kemudian dipecah lagi menjadi monosakarida

Selain sekresi pankreas yang masuk ke *duodenum*, juga oleh empedu disekresikan yang sebelumnya disimpan di kantong empedu dan diproduksi oleh hati. Garam empedu yang merupakan bagian empedu dalam proses pencernaan, sangat membantu terutama dalam proses pencernaan dan penyerapan lemak, tetapi juga membantu penyerapan vitamin yang larut dalam lemak dan membantu lipase pankreas di usus halus. Akhirnya, garam empedu diperlukan untuk penyerapan kolesterol, yang terjadi di usus halus bagian bawah dan beredar ke hati melalui vena porta. Begitu *chyme* melewati *duodenum*, proses pencernaan terus berjalan lancar. Setelah meninggalkan *duodenum*, *chyme* memasuki bagian tengah usus halus yaitu *jejunum*. Bagian usus halus ini (Taylor and Field, 2004; DeRouchey *et al.*, 2009; McDonald *et al.*, 2010) berperan memecah nutrien lebih lanjut serta proses awal penyerapan nutrien. Penyerapan nutrien berlanjut ke bagian akhir usus halus, yaitu di bagian *ileum*. Penyerapan nutrien di *jejunum* dan *ileum* terjadi di daerah yang disebut "brush border", atau jaringan mukosa usus. Jaringan mukosa usus ini terdiri atas vili-vili yang menyerupai tonjolan-tonjolan jari, yang pada gilirannya mengandung proyeksi ukuran mikro yang lebih banyak yang disebut *microvilli* (mikrovili). Ujung mikrovili membentuk struktur jaringan (*web-type*) yang disebut *glycocalyx*.

Dalam waktu yang bersamaan, asam-asam amino, asam-asam lemak dan gula sederhana semuanya dapat diabsorpsi. Ketiganya dilepaskan ke membran *brush border* yang selanjutnya diserap ke dalam mikrovili terlebih dahulu melalui transpor aktif ataupun transpor pasif, lalu masuk ke vili-vili usus halus dan selanjutnya masuk ke sistem peredaran darah. Asam amino dan gula sederhana diserap dan dibawa

langsung ke hati melalui vena porta. Untuk lemak pakan yang dipecah dan diserap ke dalam *brush border*, selanjutnya memasuki sistem limfatik dan dilepaskan ke sistem sirkulasi umum melalui *thoracic duct*.

## 2.4. Usus Besar

Usus besar atau *hindgut* meliputi empat bagian utama tempat digesta akan lewat menuju anus. Pertama, digesta atau *chyme* yang mengalir dari usus halus masuk ke dalam *caecum* (Gambar 1.1.). *Caecum* memiliki dua bagian, yaitu bagian pertama yang memiliki usus buntu (*blind end*), di mana material atau digesta sama sekali tidak bisa lewat. Bagian kedua dari *caecum* terhubung ke usus besar (*colon*), selanjutnya digesta dibawa ke rektum dan anus di mana sisa digesta diekskresikan. Fungsi utama usus besar (*colon*) adalah untuk penyerapan air. *Chyme* yang melewati usus halus dan masuk ke usus besar awalnya sangat cair, epitel usus besar memiliki kapasitas penting dalam penyerapan air yang cukup banyak. Begitu digesta melewati *ileum* sampai ke usus besar, tidak ada pencernaan enzimatik yang terjadi.

Di usus besar, aktivitas enzim mikroba memang terjadi tetapi aktivitasnya sangat terbatas. Aktivitas enzim-enzim mikroba di usus besar akan membentuk VFA (*volatile fatty acids*, asam lemak atsiri). VFA ini (DeRouchey *et al.*, 2009) dapat dengan mudah diserap di usus besar, umumnya hal ini hanya memberi cukup energi untuk membantu kebutuhan nutrisi epitel usus besar. Selain itu, vitamin B disintesis di usus besar dan diserap dalam jumlah yang sangat terbatas, namun tidak memberikan pengaruh yang nyata untuk menambah nutrisi bagi ternak babi untuk mengubah suplementasi gizi pada mereka. Selama di dalam usus besar, sebagian

besar air diserap dan digesta dikondensasi menjadi semi padat dan dikeluarkan melalui *rectum* seterusnya dibuang melalui *anus*.

### III. NUTRISI

Produktivitas ternak babi supaya lebih efisien dan menguntungkan sangat bergantung pada pemahaman tentang konsep-konsep genetika, lingkungan, kesehatan, manajemen dan gizi ternak itu sendiri. Faktor-faktor ini berinteraksi satu sama lain dan luaran bersih menentukan tingkat produksi dan profitabilitasnya. Pembiayaan pakan merupakan 60-70 persen dari total biaya produksi daging babi. Oleh karena itu, lemak (asam-asam lemak), karbohidrat, protein (asam-asam amino), vitamin, mineral dan air harus disediakan secara berimbang untuk memenuhi kebutuhan ternak babi. Dengan demikian, diperlukan pengetahuan yang mendalam tentang prinsip-prinsip nutrisi (gizi) pada ternak babi sehingga usaha peternakan babi tetap dapat memberi keuntungan yang berarti. Kalau persyaratan semua nutrisi pada suatu keadaan normal pada semua fase atau tingkat produksi sudah terpenuhi, tapi pada keadaan kondisi tertentu misalnya cuaca dingin maka kepadatan nutrisi harus ditingkatkan untuk memenuhi kebutuhan hariannya. Hal ini sering dilakukan untuk mengurangi kekurangan gizi yang mungkin terjadi yang disebabkan oleh perbedaan kualitas bahan pakan, genetik, kesehatan, lingkungan dan kinerja suatu usaha peternakan dengan biaya yang efektif dan efisien.

Potensi sumber pakan untuk babi di daerah tropis lebih unggul dibandingkan dengan di daerah beriklim sedang. Namun kenyataannya, penelitian-penelitian mengenai sumber pakan dan pemanfaatannya kurang efektif. Mengenai sumber-sumber bahan pakan non konvensional yang tersedia secara lokal di berbagai daerah sudah mulai dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak. Tidak diragukan lagi,



produksi babi telah membaik melalui pemahaman mekanisme yang berkembang yang mengatur penggunaan pakan dan dengan penerapan pengetahuan praktis dari pengetahuan baru yang dikembangkan. Saat ini, efisiensi pakan dikenal luas sebagai faktor utama dalam produksi ternak yang menguntungkan, Bjorkman *et al.* (1984) mencatat bahwa efisiensi pemanfaatan pakan yang dikonsumsi oleh ternak dipengaruhi oleh pencernaan, sedangkan Ball *et al.* (1986) memperhatikan peran nafsu makan terhadap serapan hara, tingkat pencernaan dan laju penyerapan. Seringkali informasi berharga yang dihasilkan dari penelitian di negara-negara beriklim sedang membutuhkan interpretasi yang tepat sebelum dapat diterapkan di daerah tropis. Perlu dimengerti, walaupun informasi mengenai fisiologi gizi tidak selalu berdampak langsung pada kinerja ternak, Rerat (1978) berpendapat bahwa sangat penting dilakukan strategi pemberian pakan pada ternak di setiap fase produksi. Sementara itu, Braude (1979) menyatakan bahwa mengintegrasikan informasi dari penelitian tentang pencernaan dan uji coba pakan akan menghasilkan peningkatan kinerja dan menurunkan biaya produksi.

Studi tentang pakan pada babi, molases (tetes) sebagai limbah industri tebu telah digunakan sebagai salah satu strategi untuk mengembangkan produksi babi di daerah tropis. Pemakaian bahan pakan ternak yang memang dihasilkan di daerah-daerah tropis dapat digunakan sebagai sumber energi atau sumber protein. Sebagai sumber energi misalnya dapat digunakan sorghum (*sorghum, milo*) dan molases (*mollases*), atau di Indonesia, sebagai sumber protein misalnya digunakan ampas tahu. Tebu (Figueroa *et al.*, 1990), atau jus tebu (*molasses*) (Preston dan Murgueitio, 1992) sekarang direkomendasikan sebagai satu-satunya sumber energi pakan untuk pengembangan babi di Amerika tropis. Percobaan telah dilakukan mencakup

karakterisasi efisiensi pencernaan, serta aspek metabolik dari bahan pakan alternatif non-konvensional ini. Saluran gastrointestinal pada babi relatif sederhana dan memiliki tiga kompartemen utama: perut besar (lambung), usus halus (usus kecil) dan usus besar. Perut besar berfungsi sebagai reservoir dimana campuran pakan dicerna oleh enzim proteolitik dalam media asam, sebelum diteruskan ke dalam usus kecil (Laplace dan Darcy-Vrillon, 1989). Bagian pertama dari usus kecil adalah duodenum, yang mengatur pengosongan digesta dan berfungsi untuk mengatur keseimbangan antara tingkat laju digesta dan tingkat penyerapan nutrisi. Pencernaan merupakan proses hidrolitik yang rumit, melibatkan pergerakan digesta di sepanjang usus halus. Ini harus cukup lambat untuk memungkinkan cairan empedu yang disekresikan oleh kelenjar empedu dan enzim hidrolitik yang disekresikan oleh pankreas, dan yang paling penting adalah untuk penyerapan nutrisi, seperti asam amino, asam lemak dan glukosa (Friend *et al.*, 1963). Usus kecil babi dewasa kira-kira sepanjang 18 meter, lama perjalanan digesta sampai di dalam saluran usus kecil untuk penyerapan nutrisi memerlukan waktu kira-kira empat jam, relatif singkat dibandingkan waktu yang diperlukan untuk perjalanan digesta sepanjang saluran pencernaan, sekitar 24 jam (Laplace dan Darcy-Vrillon, 1989). Digesta, yang meninggalkan usus halus adalah campuran residu pakan yang tidak tercerna, sekresi usus dan partikel seluler '*dequamated*' yang timbul dari penggantian mukosa usus halus yang berlangsung terus-menerus. Bahan ini (digesta) masuk ke dalam usus besar yang susunannya relatif kompleks melalui katup *ileoocaecal*. Di usus besar, digesta dimodifikasi atau difermentasi oleh flora yang berasal dari saluran pencernaan babi. Proses fermentasi ini mencerna 10 sampai 20% pakan yang mengalir dari mulut ke rektum (Rerat, 1978) dan menentukan lama waktu transit

digesta secara keseluruhan melalui saluran gastrointestinal (Laplace dan Darcy-Vrillon, 1989). Dalam *caecum* (sekum) dan di usus besar kondisi fisik digesta masih cair, seiring perjalanan digesta menuju anus sebagai kotoran, ia kehilangan air dan memperoleh konsistensi yang agak kental dan lengket (Hecker and Grovum, 1975).

Kapasitas pencernaan babi meningkat seiring bertambahnya usia, saluran pencernaan ini diperlukan untuk menampung *chym*. Semakin besar tubuh babi akan memerlukan jumlah pakan yang lebih banyak sehingga diperlukan saluran cerna yang lebih besar dan daya tampungnya lebih besar pula. Moughan *et al.* (1992), babi *neonatus* dan menyusui sangat bergantung pada kemampuan lambung untuk berkembang secara baik yang kemudian digunakan untuk menggumpalkan susu. Selama beberapa minggu pertama setelah lahir, baik usus halus ataupun pankreas eksokrin akan tumbuh dan berkembang. Hal ini terjadi untuk mempersiapkan anak babi siap disapih. Perkembangan usus besar lebih lambat; hal ini yang dapat menjelaskan mengapa babi dapat mencerna pakan berserat semakin baik sejalan dengan bertambahnya umur dan berat badan.

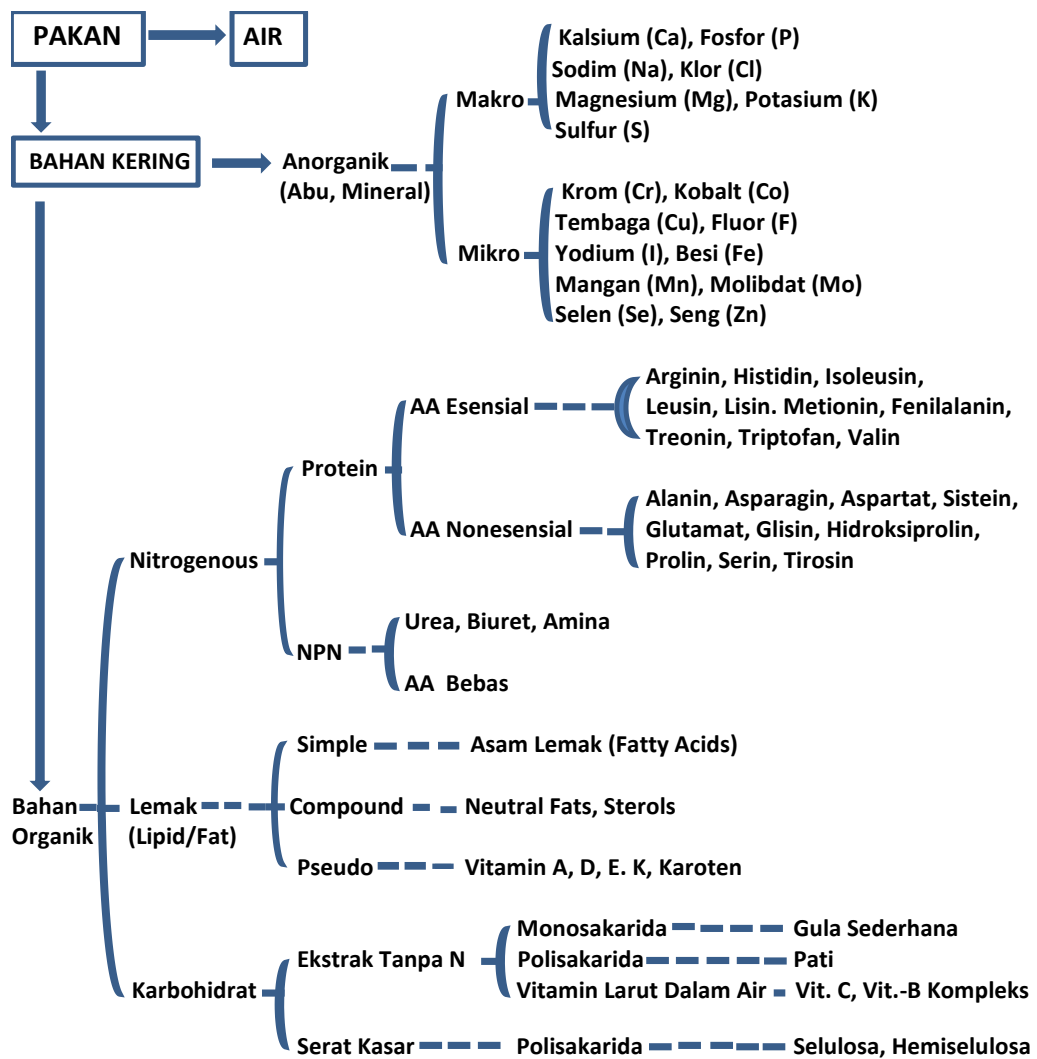
Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kebutuhan nutrisi pada ternak babi, kebutuhan ini merupakan kombinasi antara potensi genetik dan tingkat pertumbuhan serta asupan pakan. Hal inilah yang mengakibatkan terjadinya perubahan-perubahan kebutuhan konsentrasi nutrisi dalam pakan untuk memenuhi kebutuhannya setiap hari. Beberapa faktor tersebut (Goodband *et al.*, 1997) adalah:

1. Lingkungan (suhu, cuaca, perkandangan dan persaingan mendapatkan pakan).
2. *Breed*, seks, dan latar belakang genetik dari babi.
3. Status kesehatan kelompok/kawanan ternak.

4. Kehadiran cendawan, racun dan zat-zat antimetabolik pada pakan.
5. Ketersediaan dan penyerapan nutrisi.
6. Ketersediaan dan variasi nutrisi pakan.
7. Tingkat penggunaan zat-zat aditif dan perangsang pertumbuhan.
8. Tingkat makan seperti terbatas dan *ad libitum*.

Menurut Kim *et al.* (2010) pakan babi yang seimbang mengandung nutrisi-nutrisi yang diperlukan dalam proporsi yang benar untuk menyehatkan ternak dengan benar. Nutrisi-nutrisi yang dimaksud yang dibutuhkan oleh babi adalah energi, asam amino, mineral, vitamin dan air. Lemak diperlukan untuk memasok asam lemak esensial, tetapi biasanya cukup akan didapat dalam pakan yang seimbang. Air merupakan nutrisi penting dan biasanya disediakan secara *ad libitum*, sehingga air dapat tidak dianggap sebagai bagian dari formulasi pakan. Sebuah sumber energi yang lezat dan ekonomis seperti jagung atau gandum (juga sorghum) dapat digunakan sebagai sumber energi yang seimbang di dalam formulasi pakan, namun jika terjadi nutrisi yang tidak seimbang akan dapat diperbaiki dengan menggunakan bahan-bahan pakan tambahan.

Pembicaraan mengenai nutrisi ternak babi akan difokuskan pada kebutuhan pakan dan zat-zat gizi atau nutrisi yang dikandung di dalam bahan-bahan yang digunakan sebagai pakan babi. Kebutuhan pakan dan nutrisi-nutrisi tersebut pada ternak babi disesuaikan dengan tujuan pemeliharaan, yaitu pejantan, indukan, pembibitan dan penggemukan.



**Gambar 3.1. Sistematika analisis proksimat bahan pakan**  
(dimodifikasi dari Taylor and Field, 2004)

Di dalam Ilmu Nutrisi Ternak, terdapat enam kelas utama zat-zat gizi atau nutrien yang akan dibicarakan. Keenam kelas utama nutrien-nutrien tersebut teriri atas: air, karbohidrat, lemak, protein, mineral, dan vitamin. Nutrien tersusun paling sedikit oleh 20 unsur kimia meliputi kalsium (Ca), karbon (C), klor (Cl), kobal (Co), tembaga (Cu), Flor (F), hidrogen (H), Yodium (I), besi (Fe), magnesium (mg), mangan (Mn), molibdenum (Mo), nitrogen (N), oksigen (O), fosfor (P), kalium/potasium (K), selenium (Se), natrium/sodium (Na), sulfur (S), dan seng (Zn).

Perlu diketahui bahwa karbohidrat, lemak dan protein merupakan nutrien-nutrien berfungsi ganda. Karbohidrat, lemak dan protein; *pertama* sebagai sumber nutrien-nutrien dan yang *kedua* sebagai sumber energi. Perlu diketahui bahwa sangat tidak efisien apabila protein yang juga akan dijadikan sebagai sumber energi oleh ternak, karena protein merupakan nutrien yang cukup mahal.

Pembahasan selanjutnya bahwa keenam nutrien utama di atas akan dikelompokkan menjadi 7 pokok bahasan dalam nutrisi ternak babi sebagai berikut:

1. Energi
2. Protein dan Asam-asam Amino
3. Lemak dan asam-asam lemak
4. Karbohidrat dan Serat kasar
5. Mineral
6. Vitamanin
7. Air

### **3.1. Energi**

Sebagian besar karbohidrat, protein, dan lemak yang tersedia dalam pakan digunakan untuk memenuhi kebutuhan kalori pada babi (Tabel 3.1.). Sekarang ini, kebutuhan energi yang dinyatakan sebagai kilokalori (kcal) per kilogram pakan dari (Gambar 3.1.). energi dapat dicerna (DE), energi termetabolisme (ME), atau energi bersih (NE). Energi dapat dicerna didefinisikan sebagai jumlah energi dalam pakan dikurangi jumlah energi yang hilang dalam feses, sedangkan ME didefinisikan sebagai jumlah energi dalam pakan minus energi yang hilang dalam feses dan urin. Begitu halnya dengan energi bersih didefinisikan (NE) sebagai jumlah energi dalam

pakan minus energi yang hilang dalam feses, urin, dan panas yang dihasilkan melalui proses pencernaan dan metabolisme (peningkatan panas). Energi dicerna dan energi metabolis adalah istilah yang paling sering digunakan untuk menggambarkan nilai energi untuk ternak babi; Namun, karena lebih banyak data-data yang telah tersedia pada penelitian-penelitian mengenai pemanfaatan energi pada babi, NE dapat menjadi metode yang lebih tepat untuk mengevaluasi kebutuhan energi pada babi. Lemak dan minyak seperti minyak kelapa, minyak sawir, lemak sapi, minyak jagung, dan minyak kedelai mengandung sekitar 2,25 kali lebih banyak energi metabolis pada sebagian besar biji-bijian dari golongan sereal.

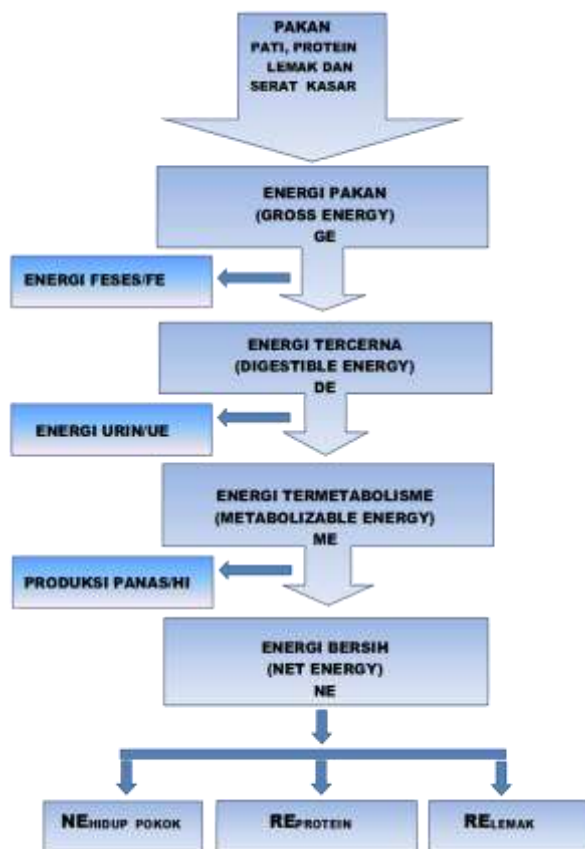
**Tabel 3.1. Jumlah Kalor (Panas) yang Dihasilkan Nutrien Sumber Energi dalam Bom Kalorimeter**

Nutrien	Panas (kkal/kg)	Panas (kkal/lb)
Karbohidrat	4100	1860
Lemak	9450	4287
Protein	5650	2563

*Sumber: Fries, J.A., 1907 (dalam Brody, 1945); 1 lb = 0,4535924 kg atau 1 kg = 2,2046226 lbs*

Kebutuhan energi dinyatakan sebagai kilokalori (kcal) energi yang dapat dicerna (DE), energi metabolis (ME), atau energi bersih (NE). Nilai DE dan ME paling banyak digunakan, namun ada kecenderungan industri merumuskan pakan berdasarkan NE. National Research Council (1998, 2012) menentukan kebutuhan energi berdasarkan NE, dan kemudian DE dan ME diperkirakan dari NE. Kebutuhan energi babi dipengaruhi oleh berat badan (yang mempengaruhi persyaratan perawatan), kapasitas genetik mereka untuk pertumbuhan jaringan atau produksi susu, dan suhu lingkungan tempat kandang atau tempat pangonan. Jumlah pakan yang dikonsumsi oleh babi yang sedang bertumbuh yang diberi mengonsumsi pakan

*ad libitum* dikendalikan terutama oleh kandungan energi dari pakan. Jika kepadatan energi pakan meningkat dengan memasukkan tambahan lemak, konsumsi pakan haran *ad lib* menurun. Babi yang diberi pakan seperti itu pada umumnya akan tumbuh lebih cepat, dan efisiensi keuntungan akan membaik, namun bisa meningkatkan kandungan lemak karkas. Jika pakan mengandung jumlah serat berlebih (> 5% -7%) tanpa peningkatan lemak secara sepadan, maka dapat dipastikan efisiensi penggunaan pakan akan menurun dan keuntunganpun berkurang.



**Gambar 3.2. Pemanfaatan Energy Pakan pada Babi**

Efisiensi pemanfaatan pakan oleh ternak umumnya dan ternak babi khususnya biasanya diukur dalam operasi komersial dengan membandingkan jumlah penambahan berat babi dibandingkan jumlah pakan yang diberikan. Energi yang



diberikan oleh pakan merupakan faktor utama dalam menghasilkan penambahan berat badan. Dengan demikian, energi pakan berpengaruh besar terhadap efisiensi pakan. Selain itu, energi pakan dapat mempengaruhi karakteristik karkas pada babi.

Energi pakan merupakan karakteristik pakan, yang berbeda dari nutrisi seperti asam amino, vitamin atau mineral. Saat energi pakan "dibakar" atau digunakan, berbagai proses atau aktivitas sedang berlangsung, seperti bergerak, mengunyah pakan, pencernaan pakan dan lain sebagainya.. Ukuran energi dalam pakan atau kalori pakan adalah jumlah panas yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu 1 gram air, 1 derajat Celcius dari 14,5<sup>o</sup>-15,5<sup>o</sup>-C. Ini sangat mudah dapat dipahami dan diterapkan dalam penelitian dan logis bahwa meningkatkan konsentrasi energi dalam pakan akan dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan pakan. Secara teori, peningkatan 1% energi pakan harus menghasilkan peningkatan efisiensi pakan sebesar 1%. Namun, beberapa percobaan menunjukkan bahwa nilainya berkisar antara 0,7% hingga 2,4% peningkatan energi pakan untuk memperoleh peningkatan efisiensi pakan sebesar 1%. Variasi ini merupakan hasil dari beberapa faktor dan mengapa penting untuk menentukan efek energi pada efisiensi pakan.

Energi dapat diberikan oleh bahan-bahan sumber energi penyusun pakan, akan tetapi nutrisi seperti pati atau lemak, memiliki lebih banyak energi dan lebih efisien digunakan dibandingkan dengan memanfaatkan serat atau protein. Karbohidrat yang lebih kompleks seperti serat misalnya kurang mudah dapat dicerna dan tidak bisa dipecah dengan mudah menghasilkan energi, Di samping itu, serat bisa mengurangi daya cerna nutrisi lainnya, sehingga menjadi kurang tersedia bagi ternak. Protein merupakan sumber asam-asam amino namun juga bisa sebagai pemasok energi. Jika terdapat kelebihan asam-asam amino, maka asam-asam amino tersebut kemudian

digunakan untuk menghasilkan energi namun tidak terlalu efisien. Lemak juga mewakili sumber energi lain namun penggunaannya berbeda dengan karbohidrat atau protein. Berbagai sumber dan metode pemanfaatan yang berbeda ini menghasilkan perubahan dalam efisiensi energi, sehingga mempengaruhi efisiensi pakan dengan sumber pakan dan sumber energi yang berbeda dalam pakan.

### **3.2. Protein dan Asam-asam Amino**

Demikian pula halnya dengan protein, protein sebagai penyedia asam-asam amino yang nantinya dibentuk kembali di dalam tubuh ternak sebagai protein yang disimpan di jaringan-jaringan tubuh. Protein merupakan rantai polipeptida yang mempunyai berat molekul (BM) sangat tinggi dan tersusun atas unsur-unsur karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O) dan nitrogen (N) bila di dalam rantai protein disusun oleh asam amino saja, maka disebut protein sederhana (*simple protein*). Protein kompleks (*complex protein*) disusun oleh asam-asam amino dan substansi non-asam amino seperti heme (*hemoglobin*), karbohidrat (*glycoprotein*) atau lemak (*lipoprotein*). Protein termasuk kelas nutrisi yang mengandung nitrogen (N), rata-rata kandungan nitrogen dalam protein pakan sebanyak 16% N. Di dalam analisis proksimat, kandungan protein pakan dikalikan dengan faktor protein sebesar 6,25 (atau  $100\% : 16\% = 6,25$ ). Protein terdiri atas kombinasi dari 22 asam amino. Asam-asam amino tersebut disebut sebagai *building blocks* untuk tubuh ternak/hewan. *Building blocks* untuk pertumbuhan (pertumbuhan otot, tulang dan jaringan ikat), produksi susu, pergantian sel-sel dan jaringan, dimana asam-asam amino didapat dari asupan pakan.

**Tabel 3.2. Asam-asam Amino Esensial dan Nonesensial**

Asam-asam Amino	
Esensial	Nonesensial
Arginine	Alanin
Histidin	Asparagin
Isoleusin	As. Aspartat
Leusin	Sistein
Lisin	Sistin
Metionin	As. Glutamat
Fenilalanin	Glutamin
Treonin	Glisin
Triptofan	Hidroksiprolin
Valin	Prolin
	Serin
	Tirosin

*Sumber: NRC (1998, 2012); Taylor and Field (2004)*

Asam-asam amino, yang biasanya dipasok oleh protein pakan, diperlukan untuk pemeliharaan, pertumbuhan otot, pengembangan janin dan jaringan pendukung (pada babi betina), dan produksi susu (pada induk babi menyusui). Dari 22 asam amino, 12 asam amino disintesis oleh hewan; 10 asam amino lainnya harus disediakan melalui pakan untuk pertumbuhan normal. Sepuluh asam amino terakhir disebut asam-asam amino esensial (*essential amino acids*) untuk babi adalah arginin, histidin, isoleusin, leusin, lisin, metionin, fenilalanin, treonin, triptofan, dan valin.

Sistin dan tirosin dapat dipenuhi sebagian dari metionin dan fenilalanin. Kebutuhan lisin di dalam pakan selama fase awal (*starter*) cukup tinggi (1,70%) namun turun menjadi 1,53% dan 1,40% pada fase *starter* tengah dan akhir. Kebutuhan terus menurun sepanjang tahap pertumbuhan sampai finishing dari 1,12% pada fase awal tumbuh menjadi 0,71% pada fase akhir (*finishing*) (NRC, 1998, 2012). Asam-asam amino yang paling penting harus ada di dalam formulasi pakan adalah lisin, triptofan, treonin, dan metionin. Jagung, merupakan butiran

dasar dalam penyusunan formulasi pakan babi, akan tetapi jagung sangat kekurangan asam amino lisin dan triptofan. Biji utama lainnya untuk babi, seperti: gandum dan sorghum, kandungan asam amino lisin dan treonin cukup rendah. Asam amino pembatas pertama dalam pakan berbasis bungkil kedelai adalah metionin, namun jumlah yang cukup diberikan saat bungkil kedelai digabungkan dengan biji-bijian sereal lainnya menjadi pakan lengkap yang memenuhi persyaratan asam amino lisin. Pengecualian mungkin terjadi pada babi muda yang mengonsumsi pakan dengan tingkat kedelai yang tinggi atau pakan yang mengandung produk darah kering yang rendah asam sulfur-amino. Protein susu jumlahnya cukup seimbang mengandung asam-asam amino esensial tapi biasanya terlalu mahal untuk digunakan dalam pakan babi, kecuali diberikan pada babi muda. Dadih (*whey*) kering, yang biasa digunakan dalam pakan *starter*, mengandung protein dengan profil asam amino yang sangat baik, namun kandungan total protein pada dadih sangat rendah.

Pakan berdasarkan produk samping dari jagung dan produk protein hewani (misalnya tepung daging-tulang, *meat bon meals*) mempunyai kandungan asam amino triptofan rendah, malahan lebih rendah dibandingkan dengan tepung jagung, tetapi dapat ditingkatkan secara signifikan dengan menambahkan triptofan sintetik atau suplemen yang merupakan sumber triptofan yang baik. Protein hewani juga merupakan sumber mineral dan vitamin B kompleks yang baik. Pakan yang diformulasikan untuk babi yang disapih yang mengandung plasma darah kering atau sel darah kering yang tinggi mungkin akan kekurangan metionin. Namun, kadar metionin yang tinggi dapat menekan pertumbuhan, jadi metionin tidak boleh ditambahkan secara sembarangan pada pakan. Lisine umumnya merupakan asam amino pembatas pertama di hampir semua pakan praktis, jadi jika pakan

diformulasikan atas dasar asam amino lisin, baru kemudian persyaratan asam amino lainnya harus dipenuhi. Namun, kehati-hatian harus dilakukan saat suplemen lisin kristal disertakan dalam pakan untuk memenuhi sebagian kebutuhan lisin babi. Kandungan protein kasar pakan dapat dikurangi 2 (dua) poin dan kemudian pakan ditambah dengan 0,15% lisin (0,19% lysine-HCl). Namun, pengurangan protein pakan yang lebih besar bila ditambahkan dengan tambahan lisin dapat menyebabkan kekurangan triptofan, treonin, dan atau metionin kecuali jika ketiga asam-asam amino tersebut ditambahkan pula. Hal ini sangat umum saat ini untuk merumuskan pakan babi berdasarkan konsep protein "ideal"; yaitu untuk mengungkapkan persyaratan asam amino esensial sebagai persentase kebutuhan lisin. Selain itu, ini menjadi lebih populer untuk merumuskan pakan babi berdasarkan asam amino standar. Metode ini sangat menguntungkan bila sejumlah besar produk sampingan disertakan dalam pakan.

Babi harus diberi pakan dengan kadar protein yang memadai, dalam rasio optimum terhadap energi pakan, untuk memaksimalkan pertumbuhan (van Lunen dan Cole, 2001). Protein pakan biasanya dinilai dalam bentuk protein kasar (*crude protein*, CP), yang terdiri atas asam-asam amino dalam berbagai proporsi. Asam-asam amino esensial harus dipasok ke dalam pakan babi dalam rasio yang sama dengan asam-asam amino yang terdapat pada otot babi - konsep "protein ideal" (ARC, 1981). Karena lisin adalah asam amino pembatas pertama pada pakan babi, maka protein ideal diatur dalam rasio terhadap kadar lisin, dan pakan babi biasanya diformulasi untuk mengandung kadar lisin dan protein kasar tertentu untuk memastikan bahwa pasokan asam amino yang lainnya juga memadai. Hal ini dapat

menyebabkan kelebihan pasokan protein kasar dalam pakan babi dan dapat menyebabkan ekskresi nitrogen (N) yang berlebihan dan tidak perlu terjadi.

Babi tidak memiliki persyaratan khusus mengenai kandungan protein kasar di dalam pakannya, melainkan menjadi sangat penting dibicarakan mengenai komponen penyusun protein itu sendiri yang disebut asam amino. Protein terdiri atas kombinasi yang berbeda dari sekitar 22 macam asam amino yang berbeda. Selama proses pencernaan, protein dipecah menjadi asam-asam amino yang diserap ke dalam aliran darah. Asam amino kemudian dimasukkan ke dalam proses metabolisme kemudian membentuk molekul protein baru. Di masa lalu, ketika merumuskan pakan dengan biji-bijian yang umum tersedia sebagai sumber protein, tingkat protein kasar biasanya digunakan untuk menggambarkan pakan biasanya mengandung dalam jumlah yang cukup dari asam amino untuk memenuhi persyaratan pada ternak babi. Namun, penting untuk diingat bahwa ini tidak selalu benar ketika menggunakan asam amino sintetis dan bahan pakan alternatif atau dengan produk bahan pakan lain, dan bahkan tingkat asam amino pakan harus selalu diperhitungkan. Sangat penting untuk menentukan kadar asam amino lisin dan kadar asam amino lain ketika merumuskan dan mengevaluasi pakan babi. Jika pakan tidak memadai dalam kandungan asam amino esensial, sintesis protein dalam tubuh tidak bisa dilanjutkan seperti halnya di mana asam-asam amino tersedia. Perlu dikemukakan di sini bahwa, pemanfaatan protein sebagai sumber energi sangat tidak efisien, protein diperuntukan sebagai sumber asam-asam amino yang nantinya akan digunakan untuk simpanan sebagai cadangan serta digunakan di dalam pembentukan sel-sel jaringan yang baru.

### **3.3. Lemak dan Asam-asam Lemak**

Lemak bermanfaat karena lemak menyediakan asam-asam lemak esensial bagi ternak babi. Lemak sederhana dapat berupa senyawa-senyawa asam-asam lemak esensial yang sangat mudah dapat dimanfaatkan dan diserap dalam sistem pencernaan babi, sedangkan lemak rantai panjang terutama lemak-lemak dengan rantai karbon jenuh sulit dicerna oleh babi. Penelitian menunjukkan bahwa penambahan 3 sampai 5 persen lemak ke dalam pakan babi dapat meningkatkan konversi pakan dan pertambahan bobot badan. Lemak dan asam-asam lemak disamping sebagai sumber energi juga dimanfaatkan oleh ternak babi untuk digunakan sebagai sumber asam-asam lemak yang nantinya disimpan di jaringan-jaringan lemak sebagai cadangan energi tubuh. Sebagai sumber energi, lemak dan minyak sebagai penyumbang terbesar energi karena 1 gram lemak akan menghasilkan setara dengan 9,30 kilo kalori (kkal) atau dalam 1 kilogram lemak akan menghasilkan setara dengan 9300 kilo kalori (kkal) energi bruto.

Lemak dan minyak adalah kelompok senyawa yang beragam secara kimia. Keduanya memiliki kepadatan energi rata-rata tertinggi di antara semua nutrien makro (2,25-3,80 kali) dan sebagian besar berasal dari biji-bijian sereal. Selain memiliki nilai kalori tinggi, beberapa lemak dan minyak seperti minyak nabati dapat menjadi sumber utama asam-asam lemak esensial yang tidak dapat disintesis oleh babi. Lemak dan minyak juga merupakan media larut vitamin-vitamin yang larut dalam lemak (A, D, E dan K) dan antioksidan; seperti fitosterol, tokoferols dan karotenoid, yang membantu mempertahankan vitamin dan menstabilkan lemak. Mikronutrien tersebut penting untuk kesehatan hewan, pertumbuhan dan kualitas karkas. Apalagi penggunaan beberapa jenis lemak dan minyak dalam pakan babi,

terutama yang memiliki kadar asam lemak tak jenuh tinggi, dapat meningkatkan energi termetabolisme (ME) dari pakan, meningkatkan efisiensi penggunaan pakan serta kenaikan berat badan harian rata-rata 1-2% untuk setiap 1% lemak yang ditambahkan ke pakan hingga 5-6%. Pengaruh "ekstra kalori" dari lemak dan minyak ini berasal dari peningkatan penggunaan komponen-komponen pakan lainnya.

**Tabel 3.3. Komposisi Asam–asam Lemak pada Lemak dan Minyak**

Sumber lemak dan minyak	Asam lemak jenuh ( <i>saturated fatty acid</i> )	Lemak tak jenuh tunggal ( <i>mono unsaturated fatty acid</i> )	Lemak tak jenuh ganda ( <i>poly unsaturated fatty acid</i> )
Palm oil	5	39	10
Safflower oil	9	13	78
Sunflower oil	11	20	69
Corn oil	13	25	62
Olive oil	14	77	9
Soybean oil	15	24	61
Peanut oil	18	48	34
Sockeye salmon oil	20	55	25
Cottonseed oil	27	19	54
Lard	41	47	12
Beef tallow	52	44	4
Butterfat	66	30	4
Palm kernel oil	86	12	2
<b>Coconut oil</b>	<b>92</b>	<b>6</b>	<b>2</b>

Sumber: Boyle and Long (2006)

Faktor utama yang mempengaruhi energi termetabolisme (ME) lemak adalah pencernaan darilemak atau minyak itu sendiri. Kecnaan lemak atu minyak yang sangat bergantung pada panjang rantai karbon dari suatu asam lemak, tingkat kejenuhan profil asam lemak, dan kualitas atau sumber lemak atau minyak. Secara umum, minyak yang berasal dari sayuran mempunyai nilai energi lebih tinggi yang dapat



dimetabolisme dibandingkan dengan lemak asal hewani walau dengan berat yang setara. Lemak nabati mempunyai kandungan sejumlah asam lemak tak jenuh (Us, *unsaturated*) yang cukup tinggi, tidak seperti lemak yang berasal dari hewan, yang biasanya mengandung sejumlah asam lemak jenuh (S, *saturated*) cukup tinggi. Lemak dan minyak dari sumber hewan dan nabati sering dicampur untuk mencapai perbandingan atau rasio Us : S tertentu (Stahly, 1984), yang dapat meningkatkan pencernaan lemak hewani, dan dengan demikian akan menghasilkan produk akhir yang diharapkan dengan energi termetabolisme (ME) yang superior. Rasio Us: S sebesar 1,5 atau lebih di atas akan membantu memaksimalkan efek ekstra kalori. Menambahkan lemak dan minyak selama kondisi musim panas yang panas dapat meningkatkan asupan energi dan mengurangi panas. Minyak berbasis kedelai sebagai sumber minyak sangat baik untuk meningkatkan laju pertumbuhan pada babi muda dan untuk meningkatkan produksi susu pada induk babi menyusui. Mempertimbangkan kualitas lemak merupakan pertimbangan yang sangat penting karena lemak dengan kelembaban tinggi dapat menurunkan pencernaan (Pettigrew dan Moser, 1991), dan dengan demikian memberikan energi termetabolisme (ME) yang kurang. Oleh karena itu, saat melengkapi pakan dengan lemak dan minyak, hal penting untuk memperhitungkan adalah sumber lemak, profil asam lemak, dan pengaruh ekstra kalori saat menghitung energi yang dapat dimetabolisme. Selanjutnya yang menjadi bahan pertimbangan adalah mengevaluasi keseluruhan metabolisme dan dampak finansial akibat penambahan lemak pada pakan babi.

Berbeda dengan minyak yang bersumber dari limbah restoran, memiliki kadar asam lemak bebas (FFA) yang tinggi ditemukan pada minyak yang diasamkan. Dengan demikian, pemakaian FFA sebanyak 15% atau lebih rendah untuk minyak

restoran dan lemak kuning umumnya kurang baik. Akhirnya, lemak dan minyak dapat memainkan peran penting dalam pembuatan produk pellet dan kontrol debu pada pabrik dan gudang. Minyak nabati sering lebih disukai daripada lemak hewan pada proses *pelleting* dan dapat mengurangi debu, karena minyak memiliki keunggulan dapat mengikat debu dengan baik. Biasanya, minyak nabati dapat digunakan pada satu setengah sampai sepertiga dari tingkat pemakaian lemak atau minyak normal dibandingkan dengan sumber hewani. Dalam aplikasi pakan tertentu, minyak yang diasamkan dapat digunakan menggantikan minyak nabati lainnya, seperti minyak kacang kedelai mentah.

### **3.4. Karbohidrat dan Serat Kasar**

Karbohidrat dapat ditemukan pada jaringan sel-sel tanaman dan sel-sel hewan. Unsur penyusun karbohidrat adalah karbon (C), hidrogen (H) dan oksigen (O) baik pada karbohidrat sederhana maupun karbohidrat kompleks. Penyumbang terbesar energi pada pakan untuk babi adalah karbohidrat sederhana terutama pati (*starch*). Lain halnya dengan karbohidrat kompleks terutama selulosa (*cellulose*) dan hemiselulosa (*hemicellulose*) merupakan penyusun utama dinding sel tanaman dan keduanya termasuk ke dalam serat kasar/SK (*crude fibre/CF*). Karbohidrat kompleks kalau dicerna tidak semudah karbohidrat sederhana, namun keduanya diperlukan oleh ternak ataupun oleh mikroba saluran pencernaan. Glukose dan glikogen sebagai simpanan karbohidrat di dalam jaringan tubuh ternak sebagai sumber energi yang selalu tersedia. Pati merupakan karbohidrat utama sebagai penghasil energi yang terdapat dalam bahan-bahan pakan yang berasal dari biji-bijian.

**Table 3.4. Komposisi Serat Kasar pada Jagung, Bungkil Kedelai, dan Bahan Pakan Lain yang Berserat (*as-fed basis*).**

Ingredient	ME, kcal/lb	NDF, %	SF,%	ISF, %
Corn	1555	9.6	1.7	4.7
Soybean meal, 44% CP	1445	13.3	1.6	31.5
Soybean meal, 46.5% CP	1536	8.9	1.4	26.2
Alfalfa meal dan hay	900	45	4.2	52.4
Alfalfa haylage (90% dry matter)	900	32.8	3.1	38.3
DDGS	1559	44	0.7	42.2
Wheat shorts	-	35	3.3	37.7
Perennial peanut hay	-	40.2	-	-
Oat hulls	-	71.8	-	-
Sunflower hulls	-	70.6	-	-
Corn gluten feed	1184	36.8	-	-
Soybean hulls	950	67	8.4	75.5
Oats	1232	31.4	-	-
Wheat straw	-	85	0.5	71.0
Beet pulp	1134	54	11.7	53.9
Oat bran	-	19.2	7.5	8.3

Sumber: Reese et al. (2008)

ME: metabolizable energy NDF: neutral detergent fiber; SF: soluble fiber; ISF: insoluble fiber.

DDGS: Dried distillers grains with solubles.

Jagung dan sorghum (*milo*), kedua jenis butiran tersebut merupakan sumber karbohidrat yang sangat baik dan pemanfaatannya sebagai pakan babi dengan cara digiling halus. Jagung dan milo adalah sumber energi yang sangat baik dalam pakan babi. Di negara-negara penghasil sorghum seperti India, Amerika Serikat, Meksiko dan Brazil, ternyata milo seringkali digunakan sebagai sumber energi yang lebih ekonomis. Karena kandungan energi jagung sedikit lebih tinggi daripada milo, efisiensi pakan babi yang diberi pakan jagung akan sedikit lebih baik daripada babi yang diberi makan milo, akan tetapi rata-rata kenaikan harian akan sama. Di negara-

negara penghasil gula tebu, molases merupakan merupakan alternatif yang sangat baik sebagai sumber karbohidrat, karena bahan tersebut sangat mudah dicerna. Bahan pakan sebagai sumber serat yang sering digunakan sebagai bahan penyusun pakan babi berasal dari bahan pakan berasal dari hijauan. Reese, *et al* (2008), menyebutkan bahan pakan sumber serat antara lain jagung, tepung bungkil kedelai, tepung *alfalfa*, *DDGS*, kulit *oat*, kulit biji matahari dan kulit biji kedelai.

Bahan pakan dengan serat kasar konsentrasi tinggi, seperti limbah hasil penyulingan biji-bijian kering dengan pelarut seperti jagung (*distillers dried grains with soluble, DDGS*), tersedia secara meluas dan dengan harga yang kompetitif sebagai sumber protein pada pakan babi (Shurson *et al.*, 2012). Terlepas dari banyaknya ketersediaan dan harga yang kompetitif serta bea masuk, penggunaan bahan ini terbatas karena mengandung serat kasar (*crude fibre, CF*) dengan konsentrasi tinggi sehingga menurunkan nilai gizi dari pakan (Zijlstra dan Beltranena, 2013). Nilai gizi akan berkurang karena meningkatnya CF sehingga meningkatkan variabilitas dalam pencernaan energi dan nutrien. Pakan dengan CF tinggi akan mengakibatkan pakan bersifat amba (*bulky*), sehingga ternak akan cepat merasa kenyang karena sedikit pakan dapat dikonsumsi. Akibat dari keadaan ini nutrien-nutrien yang dapat diserap menjadi lebih sedikit pula.

Produksi babi di jaman modern menghadapi dua tantangan utama, yaitu menjaga kesehatan dan menjamin kinerja tinggi secara konsisten. Kedua tantangan ini kadang saling bertentangan, namun terjadi keseimbangan antara babi sehat dan mempunyai kinerja optimum. Hal ini sering dipadukan oleh kondisi di dalam usus. Meningkatkan kesehatan usus dapat dibantu dengan penggunaan serat kasar yang terkandung dalam pakan. Kesehatan usus babi merupakan faktor kunci untuk

kesehatan dan kinerja yang konsisten. *Gut health* (Reese *et al*, 2008) adalah faktor yang sering diremehkan oleh para peternak. Bukan hanya usus sebagai organ pencernaan, tapi juga organ imunologis yang sangat penting. Di dalam usus, pada permukaan tempat kontak terbesar antara organisme dan lingkungan. Jaringan usus halus terdiri atas jaringan yang mempunyai aktivitas tinggi dengan mengonsumsi energi termetabolisme yang cukup berarti. Hewan ternak modern biasanya diberi pakan padat nutrisi dengan konsentrasi tinggi untuk memenuhi kebutuhan nutrisi. Namun, pakan dengan konsentrasi tinggi tidak dapat memenuhi persyaratan fisiologis. Hewan membutuhkan serat kasar pada pakan untuk kesehatan dan pencernaan yang optimal dan dapat mencegah penyakit-penyakit saluran pencernaan yang dapat bersifat kronis. Semakin banyak pakan konsentrat, semakin sedikit ruang yang tersedia untuk serat, dan ini dapat mengakibatkan gangguan pada kesehatan usus. Kandungan serat kasar dalam pakan yang memadai merupakan prasyarat untuk kesehatan pencernaan dan proses-proses pencernaan bahan pakan dan nutrisi yang optimal. Serat kasar yang dikandung oleh bahan pakan terdiri atas kelompok heterogen dengan efek fisiologis yang berbeda. Serat kasar tidak dicerna di usus halus, tapi dicerna di *hindgut* dan/atau *caeca* (bergantung pada spesies hewan).

Persentase serat kasar dalam pakan tidak sama dengan total serat pakan. Serat kasar adalah campuran kompleks dari unsur-unsur yang tidak diketahui dengan baik dan serat pakan dianggap sebagai sisa-sisa kerangka sel tumbuhan yang tahan terhadap pencernaan. Serat kasar, terutama dinding sel tanaman yang terdiri atas selulosa, lignin, dan hemiselulosa; serat pakan juga mencakup polisakarida terlarut seperti pektin, *gum*, dan lendir. Serat tidak benar-benar karbohidrat (van Soes *et al*, 1973) karena mengandung lignin, yang merupakan polimer non karbohidrat. Selain

itu, serat tidak sepenuhnya tidak tersedia, karena sebagian serat pakan dimetabolisme dan diubah menjadi asam lemak volatil di saluran pencernaan ternak.

### 3.5. Mineral

Mineral merupakan sebagian kecil dari nutrisi babi, tetapi mineral sangat penting untuk pertumbuhan, kesehatan, dan produktivitas babi. Babi memerlukan 15 macam mineral dalam pakannya. Makro-mineral adalah mineral yang diperlukan oleh babi dalam jumlah yang lebih besar, biasanya kebutuhan makro-mineral dalam pakan digambarkan dalam bentuk persen dari pakan. Makro-mineral adalah: kalsium (Ca), fosfor (P), natrium (Na), klor (Cl), kalium (K), magnesium (Mg), dan sulfur (S). Selain itu, mineral-mineral tertentu juga diperlukan dalam jumlah kecil, mineral-mineral golongan ini disebut mikro-mineral. Mikro-mineral ini meliputi besi (Fe), fluor (F), krom (Cr), kobalt (Co), mangan (Mn), molibdat (Mo), selen (Se), silikon (Si), tembaga (Cu) dan seng (Zn).

**Tabel 3.5. Mineral Makro dan Mineral Mikro**

Mineral makro	Mineral mikro
Kalsium/Calcium (Ca)	Chromium (Cr)
Klor/Chlorine (Cl)	Kobalt/Cobalt (Co)
Magnesium/Magnesium (Mg)	Tembaga/Copper (Cu)
Fosfor/Phosphorus (P)	Fluor/Fluorine (F) <sup>*</sup>
Kalium/Potassium (K)	Yodium/Iodine (I)
Natrium/Sodium (Na)	Besi/Iron (Fe)
Sulfur/Sulfur (S)	Mangan/Manganese (Mn)
	Molibdat/Molibdenum (Mo)
	Selenium/Selenium (Se)
	Seng/Zink (Zn)

Sumber: Taylor and Field (2004); <sup>\*</sup>: dapat memberikan keuntungan tetapi bersifat racun dalam pakan bila berlebihan.

Sekitar 5 persen dari total berat badan babi terdiri atas mineral. Meskipun mineral-mineral ini asli terdapat di sebagian besar pakan yang berasal dari biji-bijian, tapi beberapa terdapat juga dalam konsentrasi rendah dalam bahan pakan yang biasa digunakan sebagai pakan babi. Akibatnya, adalah sangat penting bahwa pakan yang seimbang sangat perlu menggunakan sumber mineral tambahan. Mineral sangat penting artinya untuk menjalankan sebagian besar reaksi-reaksi metabolisme dasar dalam tubuh dan merupakan faktor penting dalam pertumbuhan, reproduksi, dan ketahanan terhadap penyakit. Mineral-mineral tersebut memiliki peran (Taylor dan Field, 2004; NRC, 2012) dalam pencernaan; metabolisme protein, lemak, dan karbohidrat; dan struktur kromosom, enzim, saraf, darah, kerangka, rambut dan susu.

### **3.6. Vitamin**

Vitamin merupakan nutrien organik yang diperlukan dalam jumlah sedikit untuk menjalankan fungsi-fungsi spesifik di dalam tubuh hewan. Telah ditemukan 16 macam vitamin serta fungsinya dalam ilmu nutrisi ternak. Vitamin diperlukan sangat sedikit tetapi sangat vital untuk menjalankan proses-proses tadi, namun sangat esensial bagi tubuh babi. Beberapa vitamin tidak diperlukan dalam pakan karena vitamin-vitamin tersebut dapat disintesis di dalam tubuh. Vitamin juga sangat penting bagi proses-proses metabolisme dan sistem hormonal. Vitamin didigolongkan menjadi dua golongan; sebagai vitamin yang larut di dalam lemak (*fat soluble vitamin*) dan vitamin yang larut di dalam air (*water soluble vitamin*). Vitamin yang larut dalam lemak termasuk vitamin A, D, E, dan K. Vitamin yang larut dalam air termasuk B-kompleks (biotin, kolin, folacin, niacin, asam pantotenat, riboflavin,

thiamin, B6, dan B12) dan vitamin C (asam askorbat) (NRC, 1998, 2012). Vitamin membantu menjaga perbaikan lapisan internal atau eksternal mata, karena mata memiliki lapisan-lapisan, sehingga kalau kekurangan vitamin A dapat mempengaruhi mata. Vitamin D sangat diperlukan dalam pertumbuhan tulang dan penggantian sel-sel tulang yang rusak. Fungsi utama vitamin D adalah mengatur proses-proses penyerapan kalsium (Ca) dan fosfor (P) dari usus halus. Vitamin D disintesis dari sterol di dalam kulit oleh sinar matahari, sehingga ternak sangat membutuhkan sinar matahari untuk mensintesis vitamin D. Vitamin K sangat penting dalam proses pembekuan darah, dimana kalau terjadi kekurangan atau defisiensi (*deficient*) vitamin K dalam tubuh maka akan terjadi perdarahan (*hemorrhage*).

**Tabel 3.6. Vitamin-vitamin Penting yang Terdapat Dalam Pakan**

Vitamin larut dalam lemak	Vitamin larut dalam air
A (Retinol)	B <sub>1</sub> (Thiamin)
D <sub>2</sub> (Ergocalciferol)	B <sub>2</sub> (Riboflavin)
D <sub>3</sub> (Cholecalciferol)	Nicotinamide
E (Tocopherol)	B <sub>6</sub> (Pyridoxine)
K (Phylloquinone)	Pantothenic acid
	Biotin
	Folic acid
	Choline <sup>1)</sup>
	B <sub>12</sub> (Cyanocobalamin)
	C (Ascorbic acid) <sup>2)</sup>

Sumber: Taylor dan Field, 2004; NRC, 2012; <sup>1)</sup> Choline (kolin) juga disebut vitamin B<sub>4</sub>; <sup>2)</sup> Vitamin C tidak penting bagi babi

Vitamin membantu menjaga perbaikan lapisan tubuh internal atau eksternal, karena mata memiliki lapisan, kekurangan vitamin yang mempengaruhi mata. Vitamin E merupakan antioksidan yang paling baik dan berfungsi untuk mencegah rusaknya



dinding sel oleh radikal bebas. Vitamin E ada beberapa bentuk yang digolongkan ke dalam tokoferol.

Vitamin terutama diperlukan sebagai koenzim dalam metabolisme nutrisi. Dalam bahan pakan, vitamin ada terutama sebagai senyawa prekursor atau koenzim yang dapat terikat atau dikomplekskan dalam beberapa cara. Oleh karena itu, proses pencernaan diharapkan berlangsung dengan baik untuk melepaskan atau mengkonversi prekursor vitamin atau kompleks vitamin untuk dibentuk kemudian dapat digunakan dan diserap.

### **3.7. Air**

Air adalah nutrisi tunggal diperlukan dalam jumlah terbesar oleh hewan. Babi membutuhkan air untuk berbagai alasan, termasuk fungsi yang utama adalah metabolisme, penyesuaian suhu tubuh, pergerakan nutrisi ke dalam jaringan tubuh, pembuangan limbah metabolik, produksi susu, untuk pertumbuhan dan reproduksi. Bahkan, 80% dari berat badan kosong babi yang baru lahir adalah air dan sekitar 53% air pada babi yang siap dipasarkan (McDonald *et al*, 2010; NRC, 2012). Binatang bisa kehilangan hampir semua lemak dan lebih dari setengah dari protein tubuhnya masih dapat bertahan hidup, sementara kehilangan sepersepuluh dari air tubuhnya babi dapat mengalami kematian. Babi mengkonsumsi sebagian besar air dengan cara minum. Namun, air yang tertelan dalam pakan dan air hasil metabolisme juga menghasilkan air. Babi kehilangan cairan tubuh melalui urine, feses, respirasi dan dari kulit. Keseimbangan antara asupan air dan kehilangan air dipengaruhi oleh berbagai faktor termasuk status kesehatan, gizi dan lingkungan. Ini harus jelas bahwa tidak ada jawaban sederhana untuk pertanyaan seberapa banyak air

yang dibutuhkan oleh babi. Hal ini diperlukan untuk mengakui bahwa tidak ada persyaratan air tunggal untuk spesies atau individu; jumlah air yang dikonsumsi bergantung pada faktor-faktor seperti suhu, pakan, frekuensi pemberian air, perkandangan dan lingkungan.

**Tabel 3.7. Petunjuk Kualitas Air Untuk Ternak**

Rincian	Rekomendasi maksimum (ppm)	
	TFWQG <sup>1)</sup>	NRC <sup>2)</sup>
<b><i>Ion Utama</i></b>		
Kalsium (Ca <sup>++</sup> )	1.000	-
Nitrat-N+Nitrit-N (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	100	440
Nitrit-N (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	10	33
Sulfat (SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> )	1.000	-
<b><i>Logam Berat dan Trace ions</i></b>		
Aluminium (Al)	5,0	-
Arsenat (As)	0,5	0,2
Berilium (Be)	0,1	-
Boron (B)	5,0	-
Kadmium (Cd)	0,02	0,05
Kromium (Cr)	1,0	1,0
Kobalt (Co)	1,0	1,0
Tembaga (Cu)	5,0	0,5
Fluorin (F)	2,0	2,0
Timbal (Pb)	0,1	0,1
Merkuri (Hg)	0,003	0,01
Molibdenum (Mo)	0,5	-
Nikel (Ni)	1,0	1,0
Selenium (Se)	0,05	-
Uranium (U)	0,2	-
Vanadium (V)	0,1	0,1
Seng (sinc, Zn)	50,0	25,0

Sumber : National Research Council (1998,2012); <sup>1)</sup>Task Force on Water Quality Guidelines, 1987; <sup>2)</sup>National Research Council, 1974.

Mengapa air begitu penting harus dibicarakan. Karena air adalah nutrisi yang dibutuhkan dalam jumlah terbesar oleh babi dan merupakan nutrisi paling penting

untuk kehidupan. Pada gilirannya, air memenuhi banyak fungsi fisiologis dan memainkan peran penting dalam pengaturan suhu, pergerakan nutrien-nutrien ke sel-sel jaringan tubuh dan pelumasan persendian. Air bisa jadi nutrien yang paling sering disalahpahami dan salah urus bila dibandingkan dengan nutrien lain yang dipasok melalui pakan. Oleh karena itu, ketika membuat keputusan yang melibatkan fasilitas produksi babi, ada beberapa faktor mengenai air seperti sumber air; perkiraan kebutuhan air, rekomendasi tingkat aliran, ruang minum, jumlah peminum, persediaan air dan kualitas air yang harus dipertimbangkan.

Babi mendapatkan air dari tiga sumber utama untuk memenuhi kebutuhan fisiologis seperti pertumbuhan, reproduksi dan menyusui. Sumber-sumber ini meliputi (1) air dari bahan pakan, (2) air dari proses metabolisme dan (3) air minum. Bahan pakan yang paling umum digunakan dalam pakan babi biasanya mengandung sekitar 10 sampai 12% air (NRC, 1998). Air metabolik berasal dari pemecahan karbohidrat, lemak dan protein. Namun, air minum adalah sumber air utama dan paling penting bagi babi, walaupun air pakan dan air metabolik yang terkandung dalam pakan mengurangi jumlah air yang harus diminum babi untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Timbul suatu pertanyaan, berapa banyak air yang dibutuhkan oleh babi? Babi kehilangan air melalui empat rute: ginjal (buang air kecil), usus (buang air besar), paru-paru (pernapasan) dan yang lainnya melalui penguapan pada kulit (kelenjar keringat, sebagian besar tidak aktif). Karena itu, babi harus cukup mengonsumsi air untuk menyeimbangkan jumlah air yang hilang melalui organ-organ tubuhnya. Perhatian harus diberikan pada saat menentukan kebutuhan air untuk babi, karena jangan sampai pemakaian air secara berlebihan. *Wastage* umumnya tidak diperhitungkan, oleh karena itu perlu disadari terdapat perbedaan

antara air yang dikonsumsi dan air yang hilang (asupan dan limbah hewani). Informasi penelitian saat ini hanya memberikan perkiraan kebutuhan air karena ada banyak faktor yang dapat mempengaruhi jumlah air yang dibutuhkan oleh babi setiap hari. Faktor-faktor yang mempengaruhi kebutuhan air babi meliputi: asupan pakan, bahan dalam pakan, suhu, keadaan kesehatan dan tingkat stres. Kebutuhan air bisa bervariasi sebanyak 50% karena beberapa faktor tersebut. Pada gilirannya, hanya perkiraan kebutuhan air yang dilaporkan. Secara umum ternak babi akan mengkonsumsi air sebanyak 1,5 sampai 2 kali lebih tinggi daripada pakan (Brook *et al.*, 1984).

## DAFTAR PUSTAKA

- Ball, R. O., Atkinson, J. L. and Bayley, H. S.. 1986. Proline as an essential amino acid for the young pig. *Br. J. Nutr.* 55: 659–668.
- Beauman, C., Cannon, G., Elmadfa, I., Glasauer, P., Hoffmann, I., Keller, M., Krawinkel, M., Lang, T., Leitzmann, C., Lötsch, B., Margetts, B.M., McMichael, A. J., Meyer-Abich, K., Oltersdorf, U., Pettoello-Mantovani, M., Sabaté, J., Shetty, P., Sória, M., Spiekermann, U., Tudge, C., Vorster, H. H., Wahlqvist, M. and Zerilli-Marimò, M. 2005. The principles, definition and dimensions of the new nutrition science. *Public Health Nutr.* 8 (6A):695-8.
- Bjorkman, O., Crump, M. and Phillips, R. W. 1984. Intestinal metabolism of orally administered glucose and fructose in Yucatan miniature swine. *J. Nutr.* 114 (8): 1413-1420.
- Boyle, M. A. and Lomg, S. 2006. Personal Nutrition. 6<sup>th</sup> ed. Wadsworth Publishing, U.S.A. The ACM Digital Library. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1202712>.
- Braude, R. 1975. Copper as a performance promoter in pigs. Proc. of Copper in Farming Symposium. Copper Development Association. London, U.K.
- Brody, S. 1945. Bioenergetics and Growth. Hafner Press, 866 Third Avenue, Newyork, N. Y. 10022.
- Brooks, P. H., Russel, S. J. and Carpenter, J. L. 1984. Waer intake of weaned pidlets from three to seven weeks old. *J. Vet. Rec.* 115: 513-515.
- Dellmann, H. D. and Brown, E. M. 1993. Textbook of Veterinary Histology. 4<sup>th</sup> edition. Lea and Febiger Pub., Philadelphia, U. S. A.
- DeRouchev, J., Goodband, B., Tokach, M., Dritz, S. and Nelssen, J. 2009. Digestive System of the Pig: Anatomy and Function Swine Profitability. *Proc. of the Swine Profitability Conference 2009, held at Kansas State University on 3 February 2009.*
- Figuroa, V., Maylin, A., Ly, J., Perez, A., Carrillo, O. and Bayley, H. S. 1990. Ileal and total digestibility studies in pigs fed molasses type A or starch diets supplemented with torula yeast or soybean meal. *Livestock Prod. Sci.* (25) 1-2: 151-161.
- Friend, D. W., Cunningham, H. M. and Nicolson, J. W. G. 1963. The Production Of Organic Acids In The Pig. II. The effect of diet on tiie levels of volatile fatty acids and lactic actic in section of the alimentary tract. *Can. J. Anim. Sci.* 184: 156-173.

- Goodband, R. D., Tokach, M. D., Drizt, S.S. and Nelseen, J. L. 1997. The Kansas Swine Nutrition Guide. K.U.
- Kim, S. W., van Heugten, E., Ji, F., Lee C. H. and Mateo R. D. 2010. Fermented soybean meal as a vegetable protein source for nursery pigs: I. Effects on growth performance of nursery pigs. *J Anim Sci.* 88:214-224.
- Laplace, J. P. and Darcy-Vrillon, B. 1989. Associative effects between two fibre sources on ileal and overall digestibilities of amino acids, energy and cell-wall components in growing pigs. *British J. Nutr.* 61: 75-87
- Moughan, P. J., Birtles, M. J., Cranwell, P. D., Smith, W. C. and Pedraza, M. 1992. The piglet as a model animal for studying aspects of digestion and absorption in milk-fed human infants. *World Rev. Nutr. Diet.* Basel, Karger, 67: 40-113.
- National Research Council (N. R. C.). 1998. Nutrient Requiremen of Swain. 10<sup>th</sup> Ed. National Academy of Science. National Academy Press, U.S.A.
- National Research Council (N. R. C.). 2012. Nutient Requiremen of Swine. 11<sup>st</sup> Ed. National Academy of Science, The National Academies Press, U.S.A.
- Pettigrew, J. E. and Moser, R. L. 1991. Fat and Swine Nutrition. In Miller, E. R., Ulrey, D. E. and Lewis, A. J. Eds. Chapter 8: Swine Nutrition. Butterworth-Hinemann Publ. Inc. U. S. A.
- Preston, T.R. and Murgueitio, E. 1992. Sustainable intensive livestock systems for the humid tropics. <http://www.fao.org/ag/aGA/AGAP/FRG/FEEDback/War/u7600b/u7600b04.htm>. Diunduh: 11 Januari 2018: 09.09.
- Reese, D. E., Prosch, A., Travnicsek, D. A. and Eskridge, K. M. 2008. Dietary Fiber in Sow Gestation Diets. Benchmark House, 8 Smithy Wood Drive, Sheffield, S35 1QN, England.
- Rerat, . 1978. Digestion and absorption of carbohydrates and nitrogenous matters in the hindgut of the omnivorous noruminant animals. *J. Anim. Sci.* 6: 1808-1837.
- Samuelson, D. A. 2007. Texbook of Veterinary Histology. Sounders, an Imprint of Elsevier Inc., U. S. A.
- Scott, M. L., Nesheim, M. C. and Young, R.J. 1976. Nutrition of the Chicken. M.L. Scott & Associates., N.Y., U.S.A.

- Shurson, G. C., Zijlstra, R. T., Kerr, B. J. and Stein, H. H. (2012). Feeding biofuels co-products to pigs. Opportunities and Challenges in Utilizing Co-products of the Biofuel Industry as Livestock Feed. F. A. O., Rome, Italy. Pp: 175-207.
- Stahly, T. S. 1984. Use of fats in diets for growing pigs. Proceedings - Easter School in Agricultural Science, University of Nottingham. F. A. O.
- Taylor, R. E. and Field, T. G. 2004. Scientific Farm Animal Production. An Introduction to Animal Science. 8<sup>th</sup> Ed. Pearson Prentice Hall, New Jersey.
- van Soest, P. J. and McQueen, R. W. 1973. The chemistry and estimation of fiber. A Symposium on fiber in human nutrition. *Proc. of Nutr. Soc.* 32: 123-139.
- Wolff, A., Harell, D., Gadoth, N. and Mass, E. 2002. Oral surgery: Oral medicine, *J. of Oral Pathology and Endodontics*: 94: 315-319.
- Zijlstra, R. T. and Beltranena, E. 2013. Swine convert co-products from food and biofuel industries into animal protein for food. *Anim. Frontiers* 3 (2): 48-53.