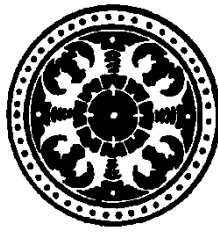


ILMU NUTRISI TERNAK BABI



**OLEH
I KETUT SUMADI**



**FAKULTAS PETERNAKAN
UNIVERSITAS UDAYANA
DENPASAR
2017**

KATA PENGANTAR

Kinerja produksi ternak babi tidak bisa terlepas dari nutrisi ternak babi itu sendiri, karena bagaimanapun untuk mencapai kinerja produksi yang tinggi harus didukung oleh nutrisi yang baik dan seimbang. Nutrisi yang baik dan seimbang diperlukan oleh ternak babi dalam artian cukup dalam jumlah dan cukup mengandung nutrien-nutrien yang sesuai dengan kebutuhannya. Di Indonesia, peternakan babi perkembangannya sangat pesat saat ini, mengingat ekspor babi dari Indonesia terus bertambah dan dalam jumlah cukup besar ke negara tetangga.

Penulis mencoba menyajikan nutrisi ternak babi dalam bentuk diktat untuk melengkapi kebutuhan pengajaran ELEKTIF ILMU GIZI TERNAK BABI pada Fakultas Peternakan, Universitas Udayana. Rasa syukur kehadiran Yang Maha Kuasa dan terimakasih atas dorongan dari berbagai pihak, sehingga diktat ini dapat diselesaikan. Mungkin selanjutnya, diktat ini akan terus mengalami perubahan-perubahan disesuaikan dengan perkembangan nutrisi ternak babi di masa yang akan datang.

Denpasar, Agustus 2017

Penulis,

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
I. PENDAHULUAN	1
II. ENERGI	8
2.1. Pemanfaatan Energi	8
<i>Gross energy (GE, Energi Kotor)</i>	12
<i>Digestible Energy (DE, Energi Tercerna)</i>	14
<i>Metabolizable Energy (ME, Energi Termetabolismeme)</i>	17
<i>Net Energy (NE, Energi Bersih)</i>	19
2.2. Kebutuhan Energi	21
<i>Maintenan</i>	21
<i>Pertumbuhan</i>	24
<i>Kebuntingan</i>	27
<i>Laktasi</i>	29
<i>Pejantan dan Jantan Muda</i>	32
2.3. Bahan Pakan Sumber Energi	33
<i>Karbohidrat Sederhana</i>	33
<i>Serat Kasar</i>	34
<i>Lipida</i>	35
III. PROTEIN	39
3.1. Protein dan Asam-asam Amino	39
3.2. Kebutuhan Protein dan Asam-Asam Amino	42
<i>Babi Fase Starter</i>	42

<i>Babi Fase Grower</i>	44
<i>Babi fase Finisher</i>	46
<i>Babi Kastrasi dan Babi Pejantan Muda</i>	47
<i>Babi Bunting</i>	49
<i>Babi Laktasi</i>	51
<i>Babi Pejantan Aktif</i>	53
IV. MINERAL	56
4.1. Mineral Makro	57
<i>Kalsium dan Fosfor</i>	57
<i>Natrium dan Klor</i>	58
<i>Magnesium</i>	59
<i>Kalium</i>	59
<i>Sulfur</i>	60
4.2. Mineral Mikro	60
<i>Kromium</i>	60
<i>Kobal</i>	61
<i>Tembaga</i>	61
<i>Yodium</i>	62
<i>Besi</i>	63
<i>Mangan</i>	64
<i>Selenium</i>	65
<i>Seng</i>	66
V. VITAMIN	68
5.1. Vitamin Larut Dalam Lemak	69
<i>Vitamin A</i>	69

<i>Vitamin D</i>	71
<i>Vitamin E</i>	72
<i>Vitamin K</i>	74
5.2. Vitamin Larut Dalam Air	75
<i>Biotin</i>	75
<i>Kolin</i>	76
<i>Asam Folat</i>	77
<i>Niasin</i>	78
<i>Asam pantotenat</i>	79
<i>Riboflavin</i>	80
<i>Thiamin</i>	81
<i>Vitamin B₆</i>	82
<i>Vitamin B₁₂</i>	83
<i>Vitamin C</i>	84
VI. AIR	85
6.1. Fungsi Air	85
6.2. Air Turnover	86
6.3. Kebutuhan Air Pada Babi	87
<i>Babi Menyusu</i>	87
<i>Babi Lepas Sapih</i>	88
<i>Babi Grower-Finisher</i>	88
<i>Induk Bunting</i>	90
<i>Induk Menyusui</i>	90
<i>Babi Pejantan</i>	91
6.4. Kualitas Air	91

VII. FEED ADDITIVE	94
7.1. Antibiotika	95
7.2. Kemoterapi	97
7.3. Anti Parasit	99
7.4. Pemodelifikasi Metabolik	100
7.5. Antimikroba Alternatif	101
<i>Probiotik/Prebiotik</i>	<i>101</i>
<i>Acidifier Dalam Pakan</i>	<i>102</i>
<i>Herbal</i>	<i>103</i>
<i>Aditif lainnya</i>	<i>105</i>
7.6. Tanggung Jawab Produsen Dalam Penggunaan Aditif Pakan	106
VII. KEBUTUHAN PAKAN DAN KANDUNGAN NUTRIEN	
BAHAN PAKAN	108
DAFTAR PUSTAKA	122

I. PENDAHULUAN

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.

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* seagai 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 ditambahkan dengan bahan-bahan aditif sebagai faktor pemacu pertumbuhan, sehingga pokok bahasan dalam nutrisi ternak babi menjadi sebagai berikut:

1. Energi
2. Protein dan Asam-asam Amino
3. Mineral
4. Vitamanin
5. Air
6. Feed Aditive

Dari keenam pokok bahasan, karbohidrat dan lemak (lipida) dimasukkan kedalam nutrien pakan penghasil energi, sedangkan protein tidak dimasukkan ke dalam kelompok penghasil energi, karena pemanfaatan protein difokuskan sebagai sumber asam-asam amino yang akan dimanfaatkan sebagai deposit protein tubuh.

II. ENERGI

2.1. Pemanfaatan Energi

Energi didefinisikan sebagai (1) kapasitas untuk melakukan kerja dan juga (2) kemampuan untuk melakukan suatu pekerjaan, atau menghasilkan suatu perubahan. Asal kata: Dari ἐνέργεια Yunani Kuno (1575–1585) : "energeia" yang berarti aktivitas, tindakan, pekerjaan; "ergon" yang berarti bekerja. Bentuk terkait: energi (katakerja), energik (kata sifat); frase terkait: energi kinetik, energi potensial, energi surya dan lain sebagainya. Energi ada dalam bentuk yang berbeda namun tidak dapat diciptakan atau dihancurkan; energi hanya dapat dikonversi ke bentuk lain. Contoh energi seperti: energi kinetik, potensial, panas, gravitasi, elastisitas, elektromagnetik, kimia, nuklir, dan massa. Energi dapat dinyatakan dalam kalori (kal, *calory* dalam sistem c-g-s) dan kilokalori (kkal, *kilocalory* dlm sistem m-k-s) atau dalam sistem satuan Ingeris ada istilah erg dan joule (J). Satu kalori adalah banyaknya panas yang diperlukan untuk menaikkan temperatur/suhu satu gram air satu derajat Celsius (1°C), tepatnya suhu air dari $14,5^{\circ}\text{C} - 15,5^{\circ}\text{C}$.

Membicarakan masalah energi dan kebutuhannya pada ternak umumnya tidak bisa terlepas dari masalah bioenergetika. Bioenergetika hewan yang membicarakan mengenai transformasi energi dalam tubuh makhluk hidup, dan bioenergetika merupakan cabang dari *general energetic* yang dibicarakan dalam "hukum pertama termodinamika" dan "hukum kedua termodinamika".

Bunyi hukum pertama termodinamika adalah "Energi tidak dapat diciptakan ataupun dimusnahkan, melainkan hanya bisa diubah bentuknya saja." Hukum pertama termodinamika dapat dijelaskan bahwa apabila sistem gas menyerap kalor

dari lingkungan sebesar Q , maka oleh sistem mungkin akan diubah menjadi: usaha luar (W) dan perubahan energi dalam (ΔU), energi dalam saja (U), dan usaha luar saja (W). Secara sistematis, peristiwa di atas dapat dinyatakan dalam perumusan sebagai berikut:

$$Q = W + U \dots\dots\dots (2.1.)$$

Persamaan ini dikenal sebagai persamaan untuk Hukum I Termodinamika. Berdasarkan uraian tersebut terbukti bahwa kalor (Q) yang diserap sistem tidak hilang. Oleh sistem, kalor ini akan diubah menjadi usaha luar (W) dan atau penambahan energi dalam. Hukum pertama termodinamika menyatakan bahwa energi adalah kekal, tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan. Energi hanya dapat berubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya. Berdasarkan teori ini, seperti yang dapat mengubah energi kalor ke bentuk lain asalkan memenuhi hukum kekekalan energi.

Namun, kenyataannya energi tidak dapat diubah sembarangan. Sebagai contoh, sebuah bola besi dijatuhkan dari suatu ketinggian tertentu. Pada saat bola besi jatuh di tanah, maka energi potensialnya berubah menjadi energi kinetik. Saat bola besi menumbuk tanah, sebagian besar energi kinetiknya berubah menjadi energi panas dan sebagian kecil berubah menjadi energi bunyi. Sekarang, jika prosesnya dibalik, yaitu bola besi dipanaskan sehingga memiliki energi panas sebesar energi panas ketika bola besi menumbuk tanah. Timbullah suatu pertanyaan, mungkinkah energi ini akan berubah menjadi energi kinetik, dan kemudian berubah menjadi energi potensial sehingga bola besi dapat naik? Peristiwa ini tidak mungkin terjadi walau bola besi dipanaskan sampai meleleh sekalipun. Hal ini menunjukkan proses perubahan bentuk energi di atas hanya dapat berlangsung dalam satu arah dan tidak

dapat dibalik. Proses yg tidak dapat dibalik arahnya dinamakan proses irreversibel. Proses yg dapat dibalik arahnya dinamakan proses reversibel. Peristiwa di atas mengilhami terbentuknya hukum kedua termodinamika. Hukum kedua termodinamika membatasi perubahan energi mana yg dapat terjadi dan yg tidak dapat terjadi. Pembatasan ini dapat dinyatakan sesuai dengan bunyi hukum kedua termodinamika dalam pernyataan aliran kalor: "Kalor mengalir secara spontan dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah dan tidak mengalir secara spontan dalam arah kebalikannya". Hukum II Termodinamika dalam pernyataan tentang mesin kalor: "Tidak mungkin membuat suatu mesin kalor yg bekerja dalam suatu siklus yg semata-mata menyerap kalor dari sebuah reservoir dan mengubah seluruhnya menjadi usaha luar"; Hukum II Termodinamika dalam pernyataan entropi: "Total entropi semesta tidak berubah ketika proses reversible terjadi dan bertambah ketika proses ireversibel terjadi". Kejadian-kejadian inilah yang mendasari pemahaman-pemahaman mengenai bioenergetika hewan secara umum.

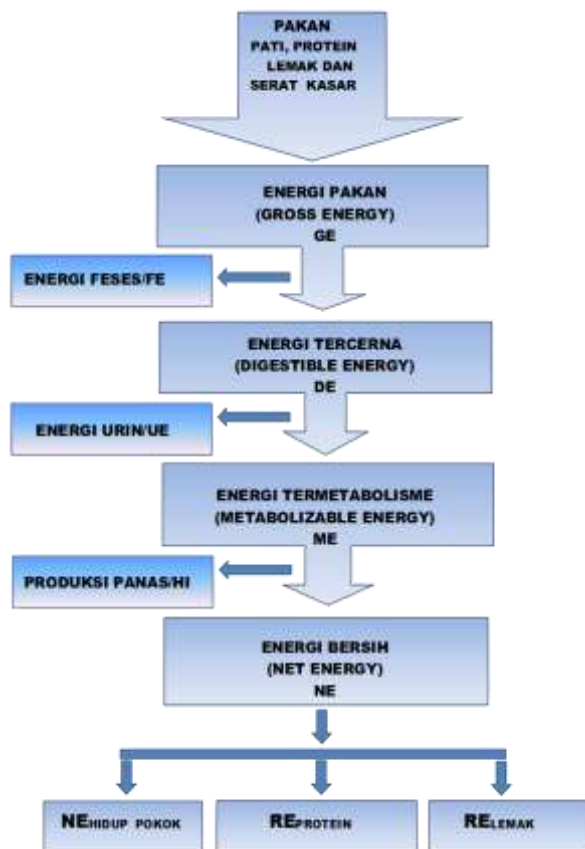
Bioenergetika hewan mempelajari mengenai semua proses-proses pemasukan, pemakaian, perubahan, pertukaran dan pengeluaran energi yang terjadi di dalam tubuh makhluk hidup. Proses-proses bioenergetika ini dapat berlangsung baik pada hewan sehat atau pun hewan sakit, bekerja, istirahat, produksi (termasuk hewan-hewan akuatik), pertumbuhan, bunting, kerja, susu, dan telur.

Pemahaman mengenai kebutuhan dan pemanfaatan energi pakan pada babi, dimulai dari kandungan energi pakan yang dikonsumsi oleh babi untuk memenuhi kebutuhan energi pada proses-proses metabolisme di dalam tubuhnya. Energi yang dikonsumsi yang terkandung di dalam pakan dinyatakan sebagai energi bruto atau gross energi (*gross energy*, GE). Bagian selanjutnya dalam perjalanan energi di

dalam tubuh ternak akan dibahas mengenai energi tercerna (*digestible energy*, DE), energi termetabolismeme (*metabolizable energy*, ME), dan energi bersih (*net energy*, NE). Persamaan untuk memprediksi DE, ME, dan NE dari komponen kimia akan disajikan dan mengenai informasi baru tentang faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kebutuhan energi pada babi juga termasuk dalam bab ini.

Kandungan energi dalam bahan pakan dapat dinyatakan sebagai kalori (kal), kilokalori (kkal), atau megakalories (Mkal) dari gross energi (GE), energi tercerna (DE), energi termetabolismeme (ME), atau energi bersih (NE). Energi juga dapat dinyatakan sebagai joule (J), kilojoule (kJ), atau megajoule (MJ) (1 Mkal = 4,184 MJ; 1 MJ = 0,239 Mkal; 1 MJ = 239 kkal) (NRC, 1998, 2012). Unit energi yang paling tinggi yang sering digunakan adalah dalam megakalori (Mkal) yang sama nilainya dengan 1000 kkal, dan 1 kkal sama nilainya dengan 1000 kal. Penyetaraan nilai energi dalam sistem satuan energi Inggris, maka 1 kkal setara dengan 4,182 J.

Dalam biologi, energi sering disimpan oleh tubuh di dalam sel dalam bentuk biomolekul, seperti karbohidrat (gula) dan lipid. Energi yang dilepaskan ketika molekul-molekul ini telah teroksidasi selama respirasi seluler. Energi yang dilepaskan dari molekul-molekul tersebut ketika teroksidasi selama respirasi sel berlangsung dan diangkut oleh molekul *energy-carrier* yang disebut ATP. Pemanfaatan energi oleh ternak disajikan pada gambar 2.1. Sumber utama energi yang terdapat di dalam pakan secara prinsip bersumber dari tiga macam nutrien yaitu karbohidrat, lemak dan protein. Panas rata-rata yang dihasilkan dalam bom kalorimeter oleh ketiga nutrien tersebut sebagai tersaji pada Tabel 2.1.



Gambar 2.1. Pemanfaatan Energy Pakan pada Babi

Gross energy (GE, Energi Kotor)

Energi kotor adalah energi yang dibebaskan ketika zat dibakar dalam bom kalorimeter. Konsentrasi GE dari bahan pakan bergantung pada proporsi karbohidrat, lemak, dan protein yang terkandung dalam bahan pakan tersebut.

Air dan mineral tidak berkontribusi dalam pakan untuk menyediakan energi bagi hewan. Secara umum menurut Fries (1907 dalam Brody, 1945) bahwa karbohidrat menyediakan energi sebesar 4100 kkal/kg; lemak sebesar 9450 kkal/kg; dan protein sebesar 5650 kkal/kg. Sedangkan NRC (1998) melaporkan sedikit berbeda, karbohidrat menyediakan 3700 kkal (glukosa) menjadi 4200 (pati) kkal/kg, protein menyediakan 5600 kkal/kg, dan lemak menyediakan 9400 kkal/kg. Jika

komposisi energi dari suatu bahan pakan yang diketahui valid, maka nilai GE dapat diprediksi dengan cukup akurat.

Tabel 2.1. 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*

Kandungan GE dari suatu bahan pakan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain: jenis bahan, cara penanganan pasca panen, cara pengolahan, musim panen, dan lain sebagainya. Hubungan antara GE dengan kandungan nutrisi pakan dilaporkan oleh Ewan (1989) untuk memprediksi GE (kkal/kg) dari eter ekstrak (EE), protein (CP), dan abu.

$$GE = 4,143 + (56 \times \% EE) + (15 \times \% CP) - (44 \times \% Ash) \dots\dots\dots (2.2.)$$

$R^2 = 0,98$
GE: gross energy; EE: ether extract; CP: crude protein; Ash: abu

Sedangkan di lain tempat, Park *et al.* (2012) memprediksi besarnya nilai GE pakan menggunakan persamaan atas kandungan protein kasar dan serat kasar (NDF, *neutral detergent fibre*) pakan, sebagai berikut:

$$GE = 3313 + (24.81 \times CP) + (9.83 \times NDF) \dots\dots\dots (2.3.)$$

$R^2 = 0.93$
GE: gorr energy; CP: crude fibre; NDF: neutral ditergen fibre

Perbedaan kedua persamaan di atas (1 dan 2) masing-masing memprediksi GE dari macam kandungan nutrisi pakan, Ewan (1989) memprediksi GE dari kandungan EE

dan CP pakan, akan tetapi Park *et al.* (2012) dari kandungan CP dan NDF. Namun demikian, keduanya sama-sama menggunakan dari unsur protein dan karbohidrat pakan (EE vs NDF). Besarnya nilai GE sangat dipengaruhi oleh kandungan karbohidrat, lemak dan protein pakan, artinya semakin besar kandungan karbohidrat, lemak, dan protein dari suatu bahan pakan atau pakan, maka nilai GE pakan atau bahan pakan tersebut semakin besar.

Terdapat empat macam bahan pakan berenergi tinggi, semuanya mengandung karbohidrat (pati, gula) dan lemak atau minyak yang dapat dimanfaatkan. Sebagai sumber energi. Keempat macam bahan pakan tersebut adalah biji-bijian (*grain*), lemak atau minyak, umbi kentang dan gula. Urutan bahan pakan yang dapat digunakan sebagai penghasil energi dari yang tertinggi ke terendah adalah: lemak/minyak, biji-bijian, suplemen protein, *roughage* dan suplemen mineral (tanpa energi).

Digestible Energy

Apabila babi mengonsumsi pakan yang diberikan, artinya terdapat sejumlah energi dalam setiap asupan pakan, maka bila asupan energi yang terkandung di dalam pakan kemudian dicerna, maka akan ada energi tersisa yang dibuang melalui kotoran (feses) disebut energi feses (FE, *fecal energy*). Energi yang dikonsumsi kemudian dikurangi dengan energi yang keluar bersama feses (FE) disebut energi tercerna (DE, *digestible energy*). Secara sederhana besarnya DE dapat digambarkan sebagai berikut:

$$\mathbf{DE\ kkal = GE\ kkal - FE\ kkal \dots\dots\dots (2.4.)}$$

DE: digestible energi; GE: gross energy; FE: fecal energy

Menggunakan DE lebih baik dalam menggambarkan kebutuhan energi pada babi dan kandungan energi dalam pakan babi, karena DE dengan mudah dan tepat dapat ditentukan. Selain itu, nilai DE tersedia untuk sebagian besar bahan pakan yang umum digunakan. Komposisi kimia bahan pakan mempunyai arti sangat penting sebagai penentu utama besarnya nilai DE, dengan efek positif dari ekstrak eter dan efek negatif dari serat dan abu. NRC (1998, 2012) telah melaporkan untuk memprediksi DE (kcal/kg) dengan persamaan Noblet and Perez (1993) sebagai berikut:

$$\mathbf{DE = 949 + (0.789 \times GE) + (43 \times \% \text{ Ash}) + (41 \times \% \text{ NDF}) \dots\dots\dots (2.5)}$$

$R^2 = 0.91$

$$\mathbf{DE = 4,151 + (122 \times \% \text{ Ash}) + (23 \times \% \text{ CP}) + (38 \times \% \text{ EE}) + (64 \times \% \text{ CF}) \dots (2.6)}$$

$R^2 = 0.89$

DE: digestible energi; GE: gross energy; NDF: neutral detergent fibre; Ash: abu; CP: crude protein; EE: ether extract; CF: crude fibre

Untuk menyatakan besarnya pakan yang dapat dicerna, juga digunakan istilah *Total Digestible Nutrien* (TDN) yang dihitung dari kandungan nutrien pakan. TDN adalah istilah yang sangat tua, berasal dari tahun 1800-an (Robinson and Old, 2014), yang dikembangkan untuk menilai dari suatu nilai pakan ternak. Awalnya berdasarkan pengujian sistem analisis "proksimat", yaitu protein kasar (CP), serat kasar (CF), ekstrak bebas nitrogen (NFE) dan lemak kasar, persamaan TDN ini digunakan hampir seabad untuk menilai suatu nilai pakan dari bahan pakan yang ditujukan untuk pakan ternak. Sampai saat ini, sistem yang paling sering digunakan untuk menggambarkan nilai energi pakan ternak di Amerika Utara didasarkan pada perhitungan total nutrien yang dapat dicerna. Nilai TDN mirip dengan nilai fisiologis kecuali mereka mengekspresikan energi yang tersedia dalam kesetaraan dengan karbohidrat. Di beberapa negara, bagian pakan yang dapat digunakan atau mudah

dapat dicerna dari masing-masing pakan yang dikonsumsi disesuaikan dengan basis energi yang sama dengan karbohidrat. Persamaan yang digunakan untuk menghitung besarnya nilai TDN sebagai berikut:

$$\text{TDN (\%)} = (\% \text{ CP} \times \text{kecernaan}) + (\% \text{ CF} \times \text{kecernaan}) + (\% \text{ NFE} \times \text{kecernaan}) + 2,25 (\% \text{ Fat} \times \text{kecernaan}) \dots\dots\dots (2.7.)$$

atau

$$\text{TDN (\%)} = (\text{protein tercerna dalam \%} \times 1) + (\text{serat kasar tercerna dalam \%} \times 1) + (\text{BETN tercerna dalam \%} \times 1) + (\text{ekstrak eter tercerna dalam \%} \times 2.25) \dots\dots\dots (2.8.)$$

Sumber : Brody (1945); Lloyd (1978); Taylor and Field (2004); NRC (1912).

TDN : total digestible nutrient; CP : crude protein (protein kasar); CF : crude fibre (serat kasar); NFE : nitrogen free extract (karbohidrat); fat : lemak kasar (EE, ether extract).

Roughage (rafid) dengan rata-rata kandungan serat kasarnya tinggi (>18%) mempunyai nilai TDN yang rendah. Sebagai contoh, silase jagung yang mengandung serat kasar lebih dari 18% nilai TDN kira-kira sebesar 70% (Taylor and Field, 2004). Rendahnya nilai TDN pada hijauan karena kandungan serat kasarnya tinggi, sebaliknya pada bahan pakan konsentrat memiliki TDN tinggi karena bahan-bahan konsentrat terdiri atas bahan-bahan yang mudah dicerna. Menurut Morgan *et al.* (1975), prediksi hubungan nilai DE dengan TDN sebagai berikut:

$$\text{DE (kkal/kg DM)} = 45 \text{ TDN} + 156 \dots\dots\dots (2.9)$$

$R^2 = 0,92$

DE: digestible energy; TDN : total digestible nutrient

Nilai energi yang mudah dapat dicerna telah ditentukan hanya untuk jumlah pakan tertentu. Banyak nilai energi yang dapat dicerna yang diberikan dalam Tabel komposisi pakan telah dihitung dari nilai TDN dengan menggunakan faktor 4,4 kkal per gram TDN.

Metabolizable Energy

Seperti disebutkan di bagian sebelumnya, nilai bahan bakar fisiologis memperkirakan bahwa porsi GE yang tersedia untuk proses metabolisme, dengan mempertimbangkan tidak hanya energi yang hilang dalam proses pencernaan, tetapi juga termasuk energi protein yang hilang melalui urine. Artinya, bahan bakar fisiologis sama dengan nilai energi termetabolisme (ME). Nilai bahan bakar fisiologis tidak digunakan untuk menghitung energi yang digunakan pada bahan pakan tertentu. Sistem ini untuk memperkirakan energi yang digunakan di dalam suatu usaha peternakan. ME biasanya digunakan untuk ternak spesies unggas, karena feses dan urin pada unggas keluar bersamaan. Dalam penggunaan sistem konvensional untuk menggambarkan nilai energi termetabolisme, energi yang didefinisikan sebagai energi kotor dikurangi kehilangan energi dalam feses, air kencing dan gas yang timbul pada proses-proses pencernaan.

Pada umumnya ukuran energi pada babi dicerminkan sebagai *total digestible nutrient* (TDN), *digestible energy* (DE), atau *metabolizable energy* (ME). Dalam ilmu nutrisi moderen, sejak energi yang dikeluarkan sebagai panas, maka satuan energi tidak lagi sebagai TDN dengan satuan kilogram TDN, akan tetapi menggunakan unit energi yang disebut kalori. Konversi nilai TDN ke dalam unit DE diasumsikan 1 lb TDN sama dengan 2000 kkal DE. Nilai ME (Ensminger, 1991) dapat dihitung dengan formula :

$$\text{ME} = \text{DE} (96 - 0,2 \times \% \text{CP}) : 100 \dots\dots\dots (2.10.)$$

ME: metabolizable energy; DE: digestible energy; CP: crude protein.

Dari rumus pendugaan nilai ME tersebut dapat diasumsikan bahwa nilai ME di bawah 96% dari nilai DE. Selanjutnya, dapat dipresentasikan persamaan untuk

menghitung ME secara fisiologis jalannya energi dalam saluran pencernaan dan proses-proses fisiologis dalam tubuh ternak sebagai berikut:

$$\text{ME (kkal)} = \text{GE (kkal)} - (\text{FE} + \text{UE} + \text{Energi gas}) \dots\dots\dots (2.11.)$$

ME: metabolizable energy; GE: gross energy; FE: fecal energy; UF: urinary energy

Menurut Morgan *et al.* (1975), besarnya nilai efisiensi DE menjadi ME (ME/DE) nilainya akan besar pada pakan dengan bahan energi konsentrasi tinggi dan mudah dicerna. Demikian pula, bila TDN pakan babi nilainya tinggi, maka nilai ME juga akan tinggi. Hubungan besarnya nilai ME jika dihubungkan dengan TDN pakan, maka besarnya nilai ME berturut-turut seperti persamaan berikut:

$$\text{ME/DE} \times 100 = 97,7 - 0,18 \times \text{CP} (\%) \dots\dots\dots (2.12.)$$

$R^2 = 0,94$

$$\text{ME (kkal/kg DM)} = 43 \text{ TDN} + 7 \dots\dots\dots (2.13.)$$

$R^2 = 0,98$
ME: metabolizable energy; CP: crude protein; TDN: total digestible energy

Pada unggas dan mamalia (termasuk babi) mempunyai lambung sederhana, maka produksi gas dalam proses pencernaan tidak diperhitungkan. Gas-gas yang diproduksi selama proses pencernaan seperti metana, etana, aseton, dan gas karbon monoksida. Produksi gas metan yang paling banyak diantara gas-gas tersebut pada ternak monogastrik, namun yang lebih berarti dan sangat diperhitungkan adalah produksi gas metan pada ternak ruminansia. Kehilangan energi gas melalui gas yang diproduksi dalam saluran pencernaan babi biasanya antara 0,1 dan 3,0 persen dari DE (Noblet *et al.*, 1989b; Shi dan Noblet, 1993). Jumlah ini umumnya diabaikan karena nilainya kecil dan tidak mudah diukur. Jika protein yang berkualitas buruk, ME menurun karena asam amino tidak digunakan untuk sintesis protein pada proses katabolisme protein dan digunakan sebagai sumber energi, dan nitrogen diekskresikan sebagai urea dalam urin. Oleh karena itu, apabila kandungan nitrogen urin meningkat, maka terjadi kerugian energi melalui peningkatan volume

urine dan sudah tentu ME pakan menurun. Perkiraan ME (kcal/kg) dapat dihitung dari DE (kcal/kg) dan CP menggunakan salah satu hubungan berikut:

$$\text{ME} = \text{DE} \times (1,012 - (0,0019 \times \% \text{CP})) \dots\dots\dots (2.14)$$

$R^2 = 0,91$
 Sumber: May and Bell (1971)

$$\text{ME} = \text{DE} \times (0,998 - (0,002 \times \% \text{CP})) \dots\dots\dots (2.15)$$

$R^2 = 0,54$
 Sumber: Noblet et al. (1989c)

$$\text{ME} = \text{DE} \times (1,003 - (0,0021 \times \% \text{CP})) \dots\dots\dots (2.16)$$

$R^2 = 0,48$
 Sumber: Noblet and Perez (1993)
 ME: metabolizable energy; DE: digestible energy; CP: crude protein

Untuk babi pada fase pertumbuhan akhir (*finishing*) atau babi yang diberi konsumsi pakan terbatas karena pencernaan pakan ditingkatkan, maka ME pakan perlu ditingkatkan. Noblet dan Shi (1993) mengusulkan bahwa konsentrasi ME (kcal/kg) ditentukan untuk babi sedang tumbuh (<60 kg) harus disesuaikan dengan salah satu hubungan berikut untuk digunakan pada babi *finishing* dan babi jantan muda.

$$\text{ME} = 1107 + (0,64 \times \text{ME}) + (22,9 \times \% \text{EE}) + (6,9 \times \% \text{CP}) \dots\dots\dots (2.17)$$

$R^2 = 0,96$

$$\text{ME} = 1946 + (1,17 \times \text{ME}) + (3,15 \times \% \text{NDF}) \dots\dots\dots (2.18)$$

$R^2 = 0,94$
 ME: metabolizable energy; FE: fecal energy; CP: crude protein; NDF: neutral detergent fibre

Net Energy

Energi bersih (NE) dapat dihitung dengan cara mengurangi ME dengan energi yang hilang dalam urin (UE) dan yang hilang dalam proses-proses pencernaan dan metabolisme atau sering disebut *heat increment* (HI). HI sendiri sebenarnya adalah panas yang timbul karena metabolisme basal dan *specific dynamic heat*. Energi HI yang tidak digunakan untuk proses-proses produktif tetapi dapat digunakan untuk

mempertahankan suhu tubuh karena perubahan suhu lingkungan. NE sendiri nantinya merupakan energi bersih yang dimanfaatkan oleh ternak untuk hidup pokok (NE_m , *maintenance*) dan untuk produksi (NE_p , daging, susu, wool, telur, lemak dan karbohidrat). Secara teoritis, NE_m adalah energi bersih yang dibutuhkan untuk tetap hidup tanpa aktivitas normal artinya tanpa aktivitas fisik atau istirahat. Hal ini berarti, energi bersih dibutuhkan untuk fungsi vital seperti sirkulasi darah, ventilasi paru-paru, menjaga potensi membran tetap utuh, sirkulasi protein, fungsi ginjal, aktivitas otak dan kompensasi untuk kehilangan panas yang tidak wajar. Perlu dicatat bahwa dalam pengaturan yang lebih praktis, NE_m mencakup setidaknya beberapa aktivitas fisik. Energi yang digunakan untuk pemeliharaan (NE_m) juga hilang sebagai panas, sehingga total produksi panas adalah nilai penjumlahan HI dan NE_m . Evaluasi NE membutuhkan pengukuran keseimbangan energi atau produksi panas. Jika energi diperlukan untuk menjaga suhu tubuh atau aktivitas berlebih, sehingga NE_p akan berkurang. Meskipun sulit untuk mengukur, NE adalah indikasi terbaik dari energi yang tersedia untuk hewan untuk hidup pokok dan produksi. Noblet *et al.* (1994) melaporkan efisiensi pemanfaatan ME menjadi NE sebesar 90, 82, 80, 72, dan 60 persen untuk minyak *rapeseed*, tepung jagung, sukrosa, campuran protein dan sumber serat pada babi dengan kisaran berat badan mulai 45-150 kg. Beberapa persamaan penduga dilaporkan oleh NRC (2012) hubungan antara NE (kcal / kg) dan komposisi kimia pakan sebagai berikut:

$$NE = 328 + (0,599 \times ME) - (15 \times \% \text{ Ash}) - (30 \times \% \text{ ADF}) \dots\dots\dots(2.19.)$$

$R^2 = 0,81$
 Sumber: Ewan (1989)

$$NE = (0,726 \times ME) + (13,3 \times \% \text{ EE}) + (3,9 \times \% \text{ St, pati}) - (6,7 \times \% \text{ CP}) - (8,7 \times \% \text{ ADF}) \dots\dots\dots(2.20.)$$

$R^2 = 0,97$
 Sumber: Noblet *et al.* (1994)

$$\text{NE} = 2790 + (41,2 \times \% \text{ EE}) + (8,1 \times \% \text{ St, pati}) - (66,5 \times \% \text{ Ash}) - (47,2 \times \% \text{ ADF}) \dots\dots\dots(2.21)$$

$R^2 = 0,90$

Sumber: Noblet et al. (1994)

NE: net energy; ME: metabolizable energy; ADF: Acid detergent fibre; EE: ether extract; St: starch; Ash: abu

Prediksi kandungan NE (kcal/kg DM) pakan untuk babi pertumbuhan dari kandungan nutrisi yang dapat dicerna (g/kg DM) atau kandungan DE atau ME (kcal/kg DM) dan karakteristik komposisi kimia (g/kg DM) dibuat oleh Noblet *et al.* (1994) menjadi model regresi linier:

$$\text{NE/DE} = 74,2 + 0,040 \times \text{EE} + 0,09 \times \text{St} - 0,035 \times \text{CP} - 0,030 \times \text{ADF} \dots\dots\dots(2.22.)$$

$R^2 = 0.74$

$$\text{NE/ME} = 74.7 + 0.036 \times \text{EE} + 0.009 \times \text{St} - 0.023 \times \text{CP} - 0.026 \times \text{ADF} \dots\dots\dots(2.23.)$$

$R^2 = 0.66$

$$\text{NE} = 0,843 \times \text{DE} - 463 \dots\dots\dots (2.24.)$$

$R^2 = 0.91$

$$\text{NE} = 0,870 \times \text{ME} - 442 \dots\dots\dots (2.25.)$$

$R^2 = 0.94$

NE: net energy; ME: metabolizable energy; ADF: Acid detergent fibre; EE: ether extract; St: starch; Ash: abu

Perubahan energi termetabolisme menjadi menjadi energi bersih (NE) digunakan untuk memenuhi perbedaan kebutuhan energi pada babi, seperti pemeliharaan (*maintenance*), pertumbuhan, retensi protein atau lemak, pertumbuhan embrio, produksi susu, dan lain sebagainya.

2.2. Kebutuhan Energi

Maintenan

Menurut NRC (1998, 2012), kebutuhan energi untuk *maintenan* termasuk energi yang diperlukan untuk aktivitas sedang pada babi dihitung dari energi

termetabolismeme (ME). Kebutuhan tersebut dinyatakan berdasarkan berat badan metabolik, yang didefinisikan sebagai berat badan (W) pangkat 0,75 atau $W^{0,75}$. Beberapa peneliti menemukan dan mengusulkan eksponensial dari W tersebut yang besarnya bervariasi. Perkiraan besarnya ME_m secara rata-rata sebesar 106 kkal $ME/kgW^{0,75}$ per hari (Whittemore, 1983). Ia juga menyarankan agar ME_m lebih tepat dengan memakai persamaan:

$$ME_m \text{ (kkal/hari)} = 442 \times P^{0,78} \dots\dots\dots (2.26.)$$

ME: metabolizable enewrgy; P: seluruh protein tubuh babi

Kemudian disarankan oleh Morgan dan Whittemore (1990) bahwa kebutuhan energi untuk maintainan pada babi sebanding dengan massa protein tubuh seperti hubungan berikut:

$$ME_m \text{ (kkal/hari)} = 600 \times P^{0,648} \dots\dots\dots (2.27.)$$

ME_m: energi termetabolismeme untuk maintainan; P: protein tubuh

Sedangkan menurut NRC (1998) telah menyimpulkan berdasarkan sumber-sumber/literatur yang dapat dipercaya bahwa kebutuhan energi untuk maintainan pada babi bunting 106 kkal ME atau 110 kkal $DE/kgW^{0,75}$ per hari, yang sama juga diperlukan sebesar 110 kkal $DE/kgW^{0,75}$ per hari pada babi pertumbuhan dan induk babi. Lain halnya dengan pejantan dewasa memerlukan energi yang sedikit lebih tinggi untuk maintainan sebesar 126 kkal $ME/kgW^{0,75}$ (McCracken *et al.*, 1991). Percobaan dilakukan oleh Jørgensen *et al.*, 1983) menggunakan 36 ekor babi betina (berat badan 20-90 kg) untuk mempelajari kebutuhan energi untuk maintainan. Hasilnya menunjukkan bahwa angka bervariasi dari 325 sampai 375 $kJ/kgW^{0,75}$ hampir sama baiknya karena pengaruh pada istilah kesalahan dapat diabaikan, namun kecocokan terbaik diperoleh dengan 351 $kJ/kgW^{0,75}$. Percobaan mengenai pencernaan (*digestibility*) pada babi dengan menggunakan *ileo-caecal cannulated* menunjukkan

bahwa tingkat asupan pakan hampir tidak berpengaruh terhadap proporsi energi yang tercerna yang hilang dalam bentuk gas di dalam kolon babi.

Data tentang energi termetabolisme (ME) dan perubahan komposisi tubuh pada babi bunting dan babi menyusui telah menjadi pertimbangan oleh Noblet *et al.* (1990) untuk menggunakan metode pada penentuan kebutuhan energi sesuai dengan pendekatan faktorial. Persyaratan kebutuhan energi harian untuk maintainan pada tingkat suhu normal adalah sekitar 105 dan 110 kcal ME/kg W^{0,75} pada induk betina bunting dan induk menyusui. Selama kebuntingan, kebutuhan ME untuk maintainan sekitar 75 sampai 85% dari total kebutuhan ME ternak, dan kebutuhan ini sangat dipengaruhi oleh suhu lingkungan dan aktivitas ternak.

Kebutuhan ME untuk maintainan (Zhang *et al.*, 2014) pada babi sedang bertumbuh dan babi pada fase akhir (*finisher*) masing-masing diperkirakan sebesar 973 dan 921 kJ/kgW^{0,6} per hari dan kebutuhan NE untuk maintainan diperkirakan 758 dan 732 kJ/kgW^{0,6} per hari. Efisiensi penggunaan ME untuk pertumbuhan dan maintainan masing-masing diperkirakan 66 dan 78,7% pada babi sedang bertumbuh dan pada babi fase akhir (*finisher*). Disimpulkan bahwa regresi eksponensial antara HP dan berbagai asupan ME dapat digunakan sebagai metode baru untuk menentukan kebutuhan NE untuk maintainan pada babi. Kontribusi nutrien yang dapat dicerna menjadi ME dijelaskan oleh persamaan (ME disesuaikan dengan retensi protein 50%) berikut:

$$\text{ME kJ} = 10 + 20,5 X1 + 36,7 X2 + 14,7 X3 + 17,3 X4. \dots\dots\dots(2.28.)$$

Zhang *et al.* (2014); Dimana X1, X2, X3, dan X4 adalah protein kasar yang dapat dicerna, lemak kasar, serat kasar dan NFE. Pemanfaatan ME sangat dipengaruhi oleh konsentrasi energi seperti yang ditunjukkan oleh persamaan.

Pertumbuhan

Perkiraan kebutuhan energi untuk retensi protein (ME_{pr}) berkisar antara 6,8-14,0 Mkal dari setiap ME/kg atau artinya secara rata-rata 10,6 Mkal dari ME/kg retensi protein (Tess *et al.*, 1984). Dari beberapa peneliti didapatkan bahwa kebutuhan energi untuk penumpukan (retensi) lemak (ME_{fr}) berkisar antara 9,5-16,3 Mkal ME/kg retensi lemak, atau dengan rata-rata 12,5 Mkal ME/kg retensi lemak. Meskipun kebutuhan energi rata-rata/kg dari protein atau lemak yang disimpan hampir sama (Wenk *et al.*, 1980), tetapi dari 1 kg jaringan otot hanya terdiri atas 20 dengan 23 persen protein, sedangkan 1 kg dari jaringan adiposa hanya terdiri atas 80-95 persen lemak. Oleh karena itu, kebutuhan energi untuk produksi jaringan otot untuk penumpukan protein jauh lebih tinggi dibandingkan penumpukan lemak dalam jaringan adiposa pada satuan massa yang sama. Kebutuhan nutrisi dalam pakan pada babi yang sedang bertumbuh/*grower* disajikan pada Tabel 2.2. dan rekomendasi penambahan nutrisi pada pakan fase *grower-finisher* disajikan pada Tabel 2.3.

Konsentrasi energi (ME/kg DM) dari pakan akan menyumbang sekitar 90% menjadi nilai energi bersih (NE) dari energi yang termetabolisme (ME) (Park, *et al.*, 2012). Hasil ini diadopsi sebagai dasar untuk evaluasi energi resmi di Denmark pada tahun 1976, dan kandungan energi bersih dari pakan dan bahan pakan dihitung dari persamaan energi bersih ($MJ/kg\ DM = -1,88 + 0,75 \times ME\ MJ/kg$). Hasil-hasil dari berbagai penelitian dapat menjelaskan secara lebih rinci mengenai nutrisi individu termasuk komposisi bahan dan komposisi nutrisi, lokasi penyerapan, kondisi ternak dan lain sebagainya.

Table 2.2. Kebutuhan Nutrien Dalam Pakan pada Babi yang Sedang Bertumbuh/*Grower (ad libitum, 90% DM)*

Kriteria	Rekomenadasi NRC						Rekomendasi Missouri					
	6-10 (lbs)	10-20	20-45	45-110	110-180	180-265	6-10	10-20	20-45	45-110	110-180	180-265
Pertambahan Berat Badan (lbs/h)	0.35	0.6	1.1	1.5	1.8	1.7	0.35	0.6	1.1	1.5	1.8	1.7
ME (Mkal/lb)	1,480	1,480	1,480	1,480	1,480	1,480	1,59	1,50	1,50	1,52	1,52	1,52
% dalam pakan.....					% dalam pakan.....					
Crude protein	26	23.7	20.9	18	15.5	13.2	27	26	22.5	18.5	16	14
Calcium	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.45	0.90	0.90	0.80	0.70	0.55	0.55
Phosphorus (total)	0.70	0.65	0.60	0.50	0.45	0.40	0.80	0.80	0.70	0.60	0.50	0.50
Phosphorus (available)	0.55	0.40	0.32	0.23	0.19	0.15	0.60	0.55	0.40	0.30	0.21	0.21
Arginine	0.59	0.54	0.46	0.37	0.27	0.19	0.59	0.54	0.46	0.37	0.27	0.19
Histidine	0.48	0.43	0.36	0.30	0.24	0.19	0.48	0.43	0.36	0.30	0.24	0.19
Isoleucine	0.83	0.73	0.63	0.51	0.42	0.33	1.02	0.90	0.78	0.63	0.51	0.39
Leucine	1.5	1.32	1.12	0.90	0.71	0.54	1.5	1.32	1.12	0.90	0.71	0.54
Lysine	1.5	1.35	1.15	0.95	0.75	0.60	1.7	1.5	1.3	1.05	0.85	0.65
Methionine + Cystine	0.86	0.76	0.65	0.54	0.44	0.35	0.94	0.83	0.72	0.58	0.47	0.36
Phenylalanine + Tyrosine	1.41	1.25	1.06	0.87	0.70	0.55	1.41	1.25	1.06	0.87	0.70	0.55
Threonine	0.98	0.86	0.74	0.61	0.51	0.41	1.11	0.98	0.85	0.68	0.55	0.42
Tryptophan	0.27	0.24	0.21	0.17	0.14	0.11	0.31	0.27	0.23	0.19	0.15	0.12

Sumber : Diambil dari Tabel Missouri University Extension (Boren and Carlson, 2017)

1 lb = 0,4535924 kg atau 1 kg = 2,2046226 lbs

DM: dry matter

Rata-rata konsumsi pakan harian menurun dengan adanya penambahan lemak dalam pakan namun rata-rata konsumsi TDN harian dihitung meningkat. Ketebalan lapisan lemak belakang (punggung) rata-rata sedikit lebih besar meskipun tidak signifikan. Pada babi yang diberi pakan berenergi tinggi, menunjukkan bahwa peningkatan kenaikan berat badan pada babi yang diberi pakan berenergi tinggi tersebut mungkin merupakan cerminan dari peningkatan retensi lemak (Pon *et al.*, 1960).

Tingkat serat kasar dalam pakan babi ternyata lebih berkorelasi dengan data pertumbuhan dan karkas dibandingkan dengan tingkat TDN atau protein dalam pakan babi. Perbedaan antara perlakuan tidak signifikan bila kadar serat kasar ransum kurang dari 10%. Namun, bila serat kasar dalam ransum jumlahnya tinggi

dan TDN pakan rendah akan sangat berpengaruh nyata pada penampilan babi. Perlu diingat bahwa dalam sistem pemberian pakan pada babi, banyak kalangan masih mnggu nakan sistem TDN. Konversi 1 kg TDN rata-rata 4400 kkal DE seperti telah dijelaskan sebelumnya. Sumadi *et al.* (2016) mendapatkan bahwa, dari hasil penelitian babi-babi lokal di Bali yang diberi pakan dengan imbangannya ME/CP ratio : 2805kkal/16,08% dapat menggunakan pakan paling efisien, sedangkan yang dapat memberikan pertambahan berat tertinggi pada imbangannya ME/CP 2955kkal/17,96%.

Table 2.3. Rekomendasi Penambahan Nutrien Pada Pakan Fase Grower- Finisher

Nutrien	Satuan	Penambahan	
		Periode <i>Grower</i> 10-135 lbs	Periode <i>Finisher</i> 135-260 lbs
<i>Garam/Mineral</i>			
NaCl	lbs	3-6	3-6
Fe	gram	150	125
Zn	gram	150	125
Mn	gram	30	25
Cu	gram	15	12,5
I	gram	0,27	0,27
Se*	gram	0,27	0,27
<i>Vitamin</i>			
A	10 ⁶ IU	6	5
D	10 ³ IU	900	750
E	10 ³ IU	25	20
K	gram	2,5	2
Riboflavin	gram	5,4	4,5
Niacin	gram	30	25
Pantothenic acid	gram	18	15
Vitamin B12	milligram	25	20

Sumber : Diambil dari Tabel Missouri University Extension (Boren and Carlson, 2017)

1 lb = 0,4535924 kg atau 1 kg = 2,2046226 lbs

* Maksimum 0.27g per ton (0.3 ppm)

Kebuntingan

Induk babi yang diberi pakan dengan tingkat energi rendah memiliki tingkat kematian anak secara umum lebih tinggi. Namun, mayoritas percobaan pada topik ini telah menunjukkan bahwa anak babi akan memiliki bobot lahir semakin meningkat ketika pakan induknya atau asupan energinya meningkat selama kebuntingan (Whittemore dan Yang, 1989). Kebutuhan energi pada babi induk bunting disajikan pada Tabel 2.4. dan rekomendasi penambahan mineral dan vitamin dalam pakan pada babi bunting disajikan pada Tabel 2.5.

Aherne dan Kirkwood (1985) menyatakan bahwa, babi harus diberi pakan dan diatur sehingga induk bunting mendapatkan 25 kg kenaikan jaringan tubuh induk di selama kebuntingan. Berat plasenta dan produk lainnya (Verstegen *et al.*, 1987; Noblet *et al.*, 1990) dari konsepsi hendaknya sekitar 20 kg dari total 45 kg tambahan berat badan kebuntingan. Secara umum, peningkatan konsumsi energi pada induk bunting di atas 6,0 Mkal ME/hari (O'Grady *et al.*, 1973) akan meningkatkan berat badan induk, tapi tidak akan secara signifikan mempengaruhi banyaknya anak yang lahir (*litter size*).

Thomas (2017) mendapatkan, rata-rata kenaikan berat badan pada induk bunting diperkirakan $(27,2 \pm 15,51)$ kg dengan kisaran antara 14,2 sampai 83,1 kg. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kenaikan berat badan induk sangat bergantung pada tingkat pemberian pakan dan komposisi nutrien sewaktu bunting serta tingkat penurunan berat badan pada periode laktasi sebelumnya (Dourmad *et al.*, 1996). Penambahan berat badan induk direkomendasikan antara 20 sampai 25 kg dimana 15 kg mungkin yang baik untuk induk yang sedang tumbuh sampai berat

badannya mencapai tingkat kematangan (Verstegen *et al.*, 1987; Noblet *et al* 1990). Dourmad *et al.* (1996) meneliti efek asupan energi pada kebuntingan terjadi kenaikan berat badan, kenaikan berat badan induk bunting sebesar 25,6; 46,8; dan 59,2 kg berturut-turut untuk induk yang diberi pakan bermutu rendah, sedang, dan tinggi. Sehingga dalam penelitian Thomas (2017) tersebut sesuai dengan pakan berenergi rendah dan sedang, dan oleh karena itu kenaikan berat badan induk babi yang sedang bunting dapat diperkirakan antara 25,6 dan 46,8 kg.

Tabel 2.4. Kebutuhan Nutrien Pada Pembibitan Babi (*ad libitum*, 90% DM).

Nutrien	Rekomenadasi NRC			Rekomendasi Missouri		
	Pejantan (aktif)	Induk 440 lbs-12 anak	Menyusui 385 lbs-pbb 0,44 lbs	Pejantan (aktif)	Induk 440 lbs-12 anak	Menyusui 385 lbs-pbb 0,44 lbs
ME (Mkal/lb)	1,540	1,480	1,480	1,50	1,50	1,50
Intake (lbs/h)	5.0	4.0	12.0	5.0	4.0	12.0
CP (%)	13	12	17.5	20	13.5	19
Ca (%)	0.75	0.75	0.75	0.90	0.90	0.90
P (%)	0.60	0.60	0.60	0.80	0.80	0.80
P (avail.) (%)	0.35	0.35	0.35	0.50	0.50	0.50
Arginine (%)	-	-	0.48	-	-	0.48
Histidine (%)	0.19	0.16	0.36	0.19	0.16	0.36
Isoleucine (%)	0.35	0.30	0.50	0.35	0.30	0.50
Leucine (%)	0.51	0.42	0.97	0.51	0.42	0.97
Lysine (%)	0.60	0.52	0.91	1.05	0.65	1.0
Met+Cys (%)	0.42	0.36	0.44	0.42	0.36	0.60
Phe+Tyr (%)	0.57	0.49	1.0	0.57	0.49	1.0

Sumber : Diambil dari Tabel Missouri University Extension (Boren and Carlson, 2017)

1 lb = 0,4535924 kg atau 1 kg = 2,2046226 lbs

DM: dry matter

Pada penelitian Jin (2016) mendapatkan, konsumsi energi harian pada babi dara bunting (*gilt*) dalam setiap perlakuan masing-masing adalah 6.200, 6.400, 6.600 atau 6.800 Kcal dari ME/kg. Selama masa gestasi, pada penelitian tersebut diperoleh berat badan dan kenaikan berat badan *gilt* meningkat secara linear dengan meningkatnya tingkat energi pakan. Ketebalan lemak punggung (*backfat*) pada usia

kebuntingn 110 hari tidak dipengaruhi oleh kebutuhan energi untuk maintainan. Tidak terjadi perbedaan yang nyata pada ketebalan lemak punggung diantara perlakuan. Tetapi kenaikan enegi pakan menyebabkan penurunan berat badan induk babi pada hari ke 21 setelah laktasi dan juga tambahan berat badan harian selama menyusui. Jumlah kelahiran *litter* tertinggi terjadi pada induk yang mendapat perlakuan energi pakan sebesar 3,400 kkal ME/kg. Mengenai kebutuhan energi dan protein pada babi induk dapat dilihat pada Tabel 2.4. Menurut NRC (1998) kebutuhan energi untuk maintainan pada babi bunting sebesar $106 \text{ kkal ME/kgW}^{0.75}$ atau $110 \text{ DE/kgW}^{0.75}$; sedangkan untuk produk konsepsi memerlukan 35,8 kkal ME setiap fetus.

Laktasi

Kebutuhan energi semasa laktasi mungkin paling vital untuk memproduksi air susu yang banyak. Perlu diketahui bahwa, kebutuhan energi pada induk babi menyusui adalah berdasarkan jumlah air susu yang diproduksi oleh induk babi. Pemenuhan kebutuhan energi untuk produksi susu pada induk babi laktasi biasanya diberikan dengan meningkatkan persentase protein dalam ransum, dengan meningkatkan jumlah pakan yang diperlukan sesuai dengan yang dianjurkan dan dengan penambahan campuran mineral (*mineral mix*, kombinasi mineral yang biasanya mengandung Ca, P, NaCl dan beberapa *trace minerals*). Gonçaves, *et al.* (2016) menyatakan, kenaikan berat badan babi betina tidak hanya dipengaruhi tingkat konsumsi energi tetapi juga oleh konsumsi tingkat asam amino, keadaan tersebut sangat berbeda pada babi dara dan babi induk. Konsumsi energi yang tinggi

pada induk bunting menyebabkan kenaikan angka kematian terhadap anak-anak babi pada induknya. Kematian anak-anak babi pralahir kemungkinan dapat berkurang pada induk dengan asupan asam amino tinggi, demikian pula halnya pada anak-anak babi pascalahir. Menurut NRC (1988) kebutuhan energi untuk maintainan pada babi laktasi sama dengan babi bunting, yaitu sebesar $106 \text{ kkal ME/kgW}^{0,75}$ atau $110 \text{ DE/kgW}^{0,75}$.

Kebutuhan energi termetabolismeme harian (ME/h) pada induk babi selama menyusui, ke dalamnya termasuk kebutuhan maintainan (ME_m) dan kebutuhan untuk produksi susu. Kebutuhan energi untuk produksi susu dapat diperkirakan dari tingkat pertumbuhan anak babi dan jumlah anak babi per kelahiran (*litter size*) (Noblet dan Etienne, 1989):

$$\text{Energi Susu} = (4,92 \times \text{ADG} \times \text{jumlah anak babi}) - (90 \times \text{jumlah anak babi}) \dots\dots\dots (2.29.)$$

Energi susu kkal GE/hari, ADG adalah tingkat pertumbuhan anak babi rata-rata selama periode laktasi (g/hari), jumlah anak babi adalah jumlah anak babi dalam ekor per kelahiran (litter).

Dengan asumsi bahwa efisiensi konversi energi pakan menjadi energi susu 0,72 (Noblet dan Etienne, 1987), maka hubungan tersebut menjadi seperti yang dijelaskan di bawah ini:

$$\text{ME}_{\text{milk}} = (6,83 \times \text{ADG} \times \text{L}) - (125 \times \text{L}) \dots\dots\dots (2.29)$$

ME: metabolizable energy, untuk susu kkal ME/hari; ADG: average daily gain, adalah tingkat pertumbuhan anak babi rata-rata selama periode laktasi (g/hari); L: jumlah anak babi adalah jumlah anak babi dalam ekor per kelahiran (litter).

Jika konsumsi energi pakan tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan maintainan dan produksi susu, jaringan tubuh sebagai retensi nutrien akan dimobilisasi untuk memberikan nutrisi yang diperlukan untuk produksi susu. Mengenai kebutuhan energi dan protein pada babi induk menyusui (laktasi) dapat dilihat pada Tabel 2.4 serta kebutuhan mineal dan vitamin disajikan pada Tabel 2.5.

Noblet dan Etienne (1987) menyimpulkan bahwa efisiensi konversi energi jaringan tubuh menjadi energi susu adalah 0.88; angka ini menunjukkan bahwa sumber energi utama yang digunakan adalah berasal dari lemak. Hasil penelitian (Rosero *et al.*, 2016) dapat disimpulkan bahwa asupan pakan hendaknya mengandung minimal 10 g/hari asam α -linolenat secara simultan dengan minimal 100 g/hari asam linoleat yang harus disediakan untuk induk babi sedang menyusui. Dengan demikian, secara kolektif kemudian dapat mencapai efisiensi reproduksi maksimal melalui beberapa mekanisme yang mencakup pengembalian estrus yang cepat, pemeliharaan kebuntingan yang tinggi dan ukuran litter yang lebih baik.

Tabel 2.5. Rekomendasi Penambahan Mineral dan Vitamin dalam Pakan pada Babi Bunting, Laktasi, dan Pejantan

Nutrien	Satuan	Kebutuhan dalam Pakan (ton ⁻¹)
NaCl	lbs	10
Fe	gram	150
Zn	gram	150
Mn	gram	36
Cu	gram	15
I	gram	0.27
Se*	gram	0.27
Vitamin A	10 ⁶ IU	10
Vitamin D	10 ⁶ IU	1.5
Vitamin E	10 ³ IU	40
Vitamin K	gram	4
Riboflavin	gram	9
Niacin	gram	50
Pantothenic acid	gram	30
Vitamin B12	mg	40
Biotin	mg	200
Folic acid	gram	1.5
Choline	gram	500
Pyridoxine	gram	13.75

Sumber : Diambil dari Tabel Missouri University Extension (Boren and Carlson, 2017)

1 lb = 0,4535924 kg atau 1 kg = 2,2046226 lbs

* Maksimum 0.27g per ton (0.3 ppm, part per million)

Pejantan dan Jantan Muda

Mengembangkan pejantan dan gilt harus diberikan pakan secara *ad libitum* sampai terpilih sebagai pejantan dengan berat badan sekitar 100 kg untuk memungkinkan evaluasi potensi kecepatan pertumbuhan dan ramalan performa yang mungkin nanti dihasilkan. Setelah pejantan dipilih untuk pembibitan ternak, asupan energi harus dibatasi sampai mencapai berat badan yang diinginkan pada saat calon pejantan tersebut digunakan sebagai pejantan dalam suatu usaha pembibitan. Kebutuhan energi dan protein pada babi pejantan dan jantan muda dapat dilihat pada Tabel 2.4 serta rekomendasi kebutuhan mineal dan vitamin disajikan pada Tabel 2.5.

Persyaratan nutrisi pada babi pejantan aktif seksual adalah jumlah energi yang dibutuhkan harus mencukupi kebutuhan untuk maintainan, aktivitas kawin, produksi semen, dan pertumbuhan. Kemp (1989) melaporkan bahwa produksi panas terkait dengan koleksi semen pada saat menggunakan boneka babi (*dummy*) sebesar 4,3 kkal DE/kgW^{0,75}. Close dan Roberts (1993) memperkirakan energi yang diperlukan untuk produksi semen dari energi rata-rata dari isi setiap ejakulasi sebesar 62 kkal DE dan perkiraan efisiensi dari pemanfaatan energi tersebut sekitar 0,60 (60%), sehingga energi diperlukan sebesar 103 kkal DE per ejakulasi.

2.3. Bahan Pakan Sumber Energi

Karbohidrat Sederhana

Sumber energi utama pada ternak babi adalah karbohidrat sederhana, yaitu gula dan pati. Seperti diketahui bahwa pemanfaatan gula dan pati sebagai sumber energi sangat efisien karena mudah dicerna. Namun, di beberapa sumber energi dari biji-bijian pada umumnya dijadikan tepung terlebih dahulu, sehingga bahan pakan tersebut akan lebih mudah dicerna. Bahan-bahan pakan yang telah dijadikan tepung artinya luas permukaan partikel semakin luas, dengan semakin halusya partikel bahan pakan kecernaannya akan meningkat pula. Perlu diingat bahwa bahan-bahan pakan yang berasal dari biji-bijian yang merupakan sumber karbohidrat sederhana, pada umumnya dibungkus oleh kulit ari yang sudah tentu mengandung serat kasar.

Sumber energi utama dari biji-bijian sebagai bahan pakan ternak adalah jagung kuning, namun di beberapa negara memanfaatkan sorghum sebagai sumber energi alternatif dari biji-bijian. Pemanfaatan jagung kuning dalam pakan ternak sekitar 40-50%, dan Reese *et al.* (2008) menyatakan bahwa pemakaian jagung tidak ada pembatasan dalam pakan yang seimbang.

Dewasa ini, sesuai perkembangan teknologi bahwa DDGS (*dried distillers grains with solubles*) digunakan sebagai sumber energi dan juga sebagai sumber protein. DDGS merupakan produk sampingan pengolahan jagung dengan fermentasi untuk menghasilkan etanol. Dari segi kandungan pati dan energi, sorghum sangat berpeluang sebagai sumber energi yang berasal dari pati sorghum itu sendiri.

Serat Kasar

Analisis serat kasar (*crude fiber*, CF) menurut van Soest dan McQueen (1973), maka serat kasar diolongkan menjadi selulosa, hemiselulosa dan lignin. Di dalam serat kasar, masing-masing menempati 50-80% selulosa, 20% hemiselulosa dan 10-50% lignin. Serat kasar yang tergolong *neutral detergent fiber* (NDF) adalah semua dinding sel tanaman (selulosa, hemiselulosa dan lignin) (Goering dan Van Soest, 1970).

Table 2.6. 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.

Komponen lain dari CF adalah *acid detergent fiber* (ADF), diperkirakan mengandung selulosa dan lignin; sedangkan sisanya di luar NDF dan ADF

diperkirakan hemiselulosa. Pada Tabel 2.6. telah disajikan komposisi serat kasar pada beberapa bahan pakan.

Komposisi jagung dalam tabel terlihat bahwa memang benar jagung sebagai sumber energi yang sangat esensial bagi ternak babi, karena memang kandungan CP dan CF yang rendah. Lain halnya dengan tepung bungkil kedelai, tidak diperuntukkan sebagai sumber energi, tetapi sebagai sumber protein. Pemanfaatan bungkil kedelai sebagai sumber protein pada pakan babi sangat baik, tetapi masih perlu penambahan asam-asam amino pembatas (*limited amino acid*). DDGS merupakan limbah jagung yang dikeringkan yang berasal pembuatan etanol secara fermentasi. Pemanfaatan DDGS (lihat table 2.6.) pada pakan babi tidak dapat diberikan secara maksimal baik sebagai sumber energi ataupun sebagai sumber protein, karena kandungan CF pada DDGS cukup tinggi. Pencernaan pada babi merupakan sistem pencernaan ternak monogastrik (non ruminansia) yang tidak mampu mencerna serat kasar seperti halnya ternak ruminansia. Pemanfaatan DDGS dan bahan pakan berserat lainnya perlu dipertimbangkan dalam hal kuantitasnya dalam pakan babi.

Lipida

Membicarakan tentang lipida (*lipids*), sebenarnya kita membicarakan mengenai lemak dan minyak sebagai sumber energi; lemak dan minyak ini terkandung di dalam bahan pakan ternak. Di dalam lemak dan minyak, terkandung asam-asam lemak esensial untuk ternak babi; seperti: asam laurat, miristat, miristoleat, palmitat, palmitoleat, stearat, oleat, linoleat dan linolenat. Ketiga dari yang terakhir merupakan asam-asam lemak yang paling esensial untuk ternak babi.

Tabel 2.7. 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
Coconut oil	92	6	2

Sumber: Boyle and Long (2006)

Penambahan minyak ke dalam pakan ternak dianjurkan bersumber dari minyak atau lemak nabati yang banyak mengandung asam-asam lemak tak jenuh (UFA, *unsaturated fatty acid*); dan beberapa sumber asam-asam lemak yang bersumber dari lemak dan minyak seperti pada Tabel 2.7. serta nama-nama asam lemak tak jenuh ada Tabel 2.8.

Kecernaan lemak (Jørgensen dan Fernandez, 2000) yang bersumber dari lemak hewani rata-rata 89,9%; dan hanya berbeda sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan minyak kedelai (91,2%). Kecernaan minyak sawit lebih rendah (85,3%) daripada minyak kedelai (91,2%), tapi lebih tinggi dari minyak sawit campuran (71,5%) atau dari produk sampingan minyak sayur (62,3%). Rangkuman energi termetabolisme ($\text{MJkg}^{-1}\text{DM}$) ditemukan bahwa minyak kedelai (36,05%)>lemak hewani (35,13%)>minyak kelapa sawit (33,72%)> campuran minyak kelapa sawit (25,90)> produk sampingan minyak sayur (23,83%). Wu *et al*, (2016) menyatakan

berkurangnya kadar minyak DDGS pada umumnya dapat menurunkan dampak negatif dari pemberian pakan mengandung DDGS. Namun, besarnya perbaikan ini tidak sebanding dengan jumlah perubahan asupan lemak pakan dan mungkin dipengaruhi oleh pencernaan minyak yang terkandung dalam DDGS. Komposisi asam lemak bervariasi di antara simpanan lemak karkas dengan lemak *jowl* atau lemak *belly* (*belly fat*, BF).

Tabel 2.8. Nama-nama Asam Lemak Esensial

No.	Nama Asam Lemak (Ind.)	Nama Asam Lemak (Ing.)	Ikatan C-Rangkap
01	Asam miristat	Myristic acid	(C14:0)
02	Asam palmitat	Palmitic acid	(C16:0)
03	Asam almitoleat	Almitoleic acid	(C16:1)
04	Asam margarat	Margaric acid	(C17:0)
05	Asam heptadesenoat	Heptadecenoic acid	(C17:1)
06	Asam stearat	Stearic acid	(C18:0)
07	Asam oleat	Oleic acid	(C18:1)
08	Asam linoleat	Linoleic acid	(C18:2)
09	Asam linolenat	Linolenic acid	(C18:3)
10	Asam arakhidat	Arachidic acid	(C20:0)
11	Asam gadoleat	Gadoleic acid	(C20:1)
12	Asam arakhidonat	Arachidonic acid	(C20:4)

Sumber: Wu et al. (2016)

Kinerja pertumbuhan dan karakteristik karkas (Bee *et al.*, 2002) dipengaruhi oleh tingkat energi pakan, tapi tidak dipengaruhi oleh sumber lemak. Sesuai dengan hal tersebut, tingkat energi pakan yang lebih rendah menyebabkan retensi lemak

karkas lebih rendah pula, karena aktivitas enzim lipogenik menurun secara nyata pada kelompok energi pakan yang lebih rendah. Peningkatan penggunaan minyak kedelai dalam pakan, berarti meningkatkan penggunaan asam lemak tak jenuh poli (*poly unsaturated fatty acid*, PUFA) yang diberi kompensasi oleh penurunan asam lemak jenuh (SFA, *saturated fatty acid*) dan juga meningkatnya proporsi asam lemak tak jenuh mono (*mono unsaturated fatty acid*, MUFA) dalam pakan.

III. PROTEIN

3.1. Protein dan Asam-asam Amino

Protein berasal dari kata "protos" dalam bahasa Yunani yang berarti "yang paling utama", didefinisikan sebagai kelompok senyawa organik bernitrogen yang rumit dengan bobot molekul tinggi yang sangat penting bagi kehidupan; bahan organik yang susunannya sangat majemuk, yang terdiri atas beratus-ratus atau beribu-ribu asam amino, dan merupakan bahan utama pembentukan sel dan inti sel; disebut juga zat putih telur. Protein hewani adalah protein yang dihasilkan dari produk hewan, sedangkan protein nabati adalah protein yang dihasilkan dari produk tumbuh-tumbuhan. Arti dari asam amino adalah: asam organik yang mengandung paling sedikit satu gugusan amina (NH₂) dan paling sedikit terdapat satu gugusan karboksil (COOH) atau turunannya, merupakan molekul dasar yang diikat satu sama lain melalui ikatan peptida dalam pembentukan molekul protein yang lebih besar.

Penyediaan protein bagi ternak merupakan bahan pembangun jaringan tubuh dan komponen senyawa pengatur metabolisme seperti enzim dan hormon. Setiap protein disusun oleh senyawa dengan rantai pendek terdiri atas asam-asam amino. Pembicaraan mengenai kandungan protein pada bahan pakan dan pakan ternak, umumnya mengacu kepada protein kasar (PK; *crude protein*, CP) yang bersumber dari berbagai sumber bahan pakan atau campuran pakan dengan kandungan nitrogen x 6.25. Definisi ini didasarkan pada asumsi bahwa, kandungan nitrogen pada protein rata-rata 16 g nitrogen/100 g protein. Protein terdiri atas asam-asam amino. Dalam prinsip-prinsip nutrisi, telah dikenal adanya asam-asam amino esensial

dan nonesensial. Asam-asam amino tersebut sebagai penyusun protein yang terdapat di dalam bahan pakan. Nama-nama asam amino esensial dan nonesensial tersaji dalam Tabel 3.1.

Tabel 3.1. 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); Taylor and Field (2004)

Sebenarnya asam-asam amino merupakan nutrien yang lebih penting dibandingkan dengan protein kasar (CP) yang terdapat dalam pakan. Oleh karena itu, dalam pemberian pakan pada babi, maka kandungan asam-asam amino harus benar dalam jumlah dan proporsional karena akan menentukan kecukupan dari penggunaan konsentrat protein dalam pakan babi. Pemberian tambahan nonprotein nitrogen (NPN) seperti urea pada pakan babi belum dapat dikatakan menguntungkan (Hays *et al.*, 1957; Kornegay *et al.*, 1965.; Wehrbein *et al.*, 1970).

Untuk merumuskan secara ekonomis pada pakan dengan protein kasar (CP) rendah, pemberian tambahan asam amino esensial (sintetik) sangat diperlukan pada pakan yang diberi kepada babi muda. Kebutuhan asam-asam amino untuk pakan pada setiap fase pertumbuhan perlu diketahui secara rinci untuk mendapatkan keuntungan dari pertambahan berat badan yang dihasilkan. Berdasarkan persyaratan

NRC (1998), terdapat dua macam asam amino pembatas masing-masing adalah asam amino lisin dan metionin (juga terkadang triptofan). Asam-asam amino pembatas tersebut memang ketersediaannya terbatas pada bahan pakan nabati dan asam-asam amino pembatas sangat diperlukan untuk memenuhi kebutuhan babi terutama pada waktu fase awal (*starter*) dengan berat badan 6-12 kg. Meskipun terdapat sekitar 20 asam amino utama yang menyusun protein, tidak semua dari asam-asam amino tersebut merupakan komponen penting dalam pakan. Beberapa asam amino dapat disintesis dengan menggunakan kerangka karbon terutama berasal dari glukosa dan asam-asam amino lainnya. Asam-asam amino yang disintesis dengan cara demikian disebut AA tidak penting (*nonessential*). Asam-asam amino yang tidak dapat disintesis, atau tidak bisa disintesis pada tingkat yang cukup untuk memungkinkan pertumbuhan atau reproduksi yang optimal, asam-asam amino yang demikian disebut penting (*essential*, sangat diperlukan). Pada pakan babi normal sebenarnya sudah mengandung dalam jumlah yang cukup dari asam-asam amino *nonessential*, namun kenyataannya bahwa dalam pakan yang rendah protein akan menyebabkan kekurangan asam-asam amino *essential*. Dalam kondisi pakan seperti itu (Brudevold and Southern, 1994), sangat perlu ditambahkan dan dilengkapi dengan kristal asam-asam amino *essential* dari pabrikan.

Wu *et al.* (1996) telah melaporkan bahwa penambahan 1 persen glutamin untuk pakan jagung-kedelai dapat mencegah atrofi pada jejunum babi yang disapih pada umur 21 hari selama minggu pertama setelah penyapihan. Penambahan satu persen glutamin tersebut juga meningkatkan efisiensi penggunaan pakan selama minggu kedua setelah penyapihan. Asam-asam amino dalam pakan biji-bijian sereal, seperti jagung, sorghum, barley, atau gandum, merupakan bahan paling utama dari

pakan babi dan biasanya dapat menyediakan 30 sampai 60 persen dari total kebutuhan asam amino. Sumber protein seperti bungkil kedelai memang harus ditambahkan juga untuk memenuhi jumlah yang cukup dan keseimbangan yang tepat diantara asam-asam amino esensial. Suplemen asam amino kristal (sintetik) produksi pabrikan juga dapat digunakan untuk meningkatkan asupan asam-asam amino tertentu. Tingkat protein yang cukup juga diperlukan untuk memberikan asupan asam-asam amino esensial yang memadai, hal ini sangat bergantung pada bahan pakan yang digunakan dalam menyusun formulasi pakan. Pakan konsentrat yang mengandung protein berkualitas tinggi atau bahan-bahan pakan yang memiliki asam-asam amino esensial tinggi dapat dijadikan bahan suplementasi pada pakan yang berkuaitras rendah. Suplementasi yang sama juga dapat dilakukan pada pakan dengan kualitas dan kuantitas asam-asam aminonya kurang memadai. Hal ini penting dilakukan dengan tujuan untuk meminimalkan ekskresi nitrogen dari pemanfaatan protein berlebih. Metode lain adalah dengan jalan penggunaan suplemen asam amino kristal untuk mengurangi penggunaan tingkat protein dan dengan demikian juga akan mengurangi ekskresi nitrogen berlebih. Peningkatan penggunaan asam-asam amino dalam pakan yang diberikan kepada babi, harus disertai juga dengan peningkatan konsentrasi energi pakan.

3.2. Kebutuhan Protein dan Asam-Asam Amino

Babi Fase Starter

Kebutuhan utama babi pada fase *starter* terhadap asam-asam amino, maka yang menjadi pertimbangan adalah asam amino lisin, metionin serta perbandingan metionin+ sistin. Perkiraan kebutuhan asam amino lisin merupakan kebutuhan kunci

terhadap kebutuhan asam amino paling esensial selain metionin dan sistin. Perumusan mengenai perkiraan kebutuhan lisin telah dilakukan oleh NRC (1998) yang mengambil data berbagai sumber hasil-hasil penelitian. Perkiraan tersebut dipresentasikan sebagai persamaan berikut:

$$L_{req} = 1,793 - (0,0873 \times BW) + (0,00429 \times BW) - (0,000089 \times BW) \dots (3.1.)$$

$$R^2 = 0,99$$

L_{req} : kebutuhan asam amino lisin (% dry weight); BW: berat badan (kg)

Kebutuhan protein pada babi fase *starter* dengan berat badan 10-20 kg memerlukan protein pakan sebanyak 20,9% (90% DM, *ad libitum*) dengan komposisi asam-asam amino seperti pada Tabel 3.2. berikut:

Tabel 3.2. Kebutuhan Protein dan Asam-asam Amino dalam Pakan pada Babi Fase *Starter*

Protein Kasar dan Asam-asam amino	Jumlah (% basis)
Protein	20,9
Arginin	0,46
Histidin	0,36
Isoleusin	0,63
Leusin	1,12
Lisin	1,15
Metionin	0,30
Metionin+sistin	0,65
Fenilalanin	0,68
Fenilalanin+tyrosin	1,06
Treonin	0,74
Triptofan	0,21
Valin	0,79

Sumber: Diambil dari NRC (1998)

Pakan babi starter yang mengandung 1,6% lisin dengan metionin dalam pakan 0,41-0,42% memberikan pertumbuhan maksimal antara 0-14 hari setelah penyapihan (Owen *et al.*, 1995). Ketika babi-babi tersebut diberikan pakan mengandung 1,3%

lisin dengan kandungan metionin 0,34-0,35% diperlukan untuk memaksimalkan pertumbuhan pada hari ke 7 sampai hari ke 14 setelah penyapihan (*post weaning*).

Babi Fase Grower

Kebutuhan protein terutama asam-asam amino pada babi sedang bertumbuh dipengaruhi oleh kapasitas getetik untuk menyimpan protein di dalam daging. Kalau keseimbangan energi dan protein pakan sudah terpenuhi, maka pemanfaatan protein untuk maintainan dan retensi protein dapat diharapkan secara optimal. Hal ini berarti bahwa pemanfaatan sumber-sumber energi yang bukan berasal dari protein menjadi optimal. Kebutuhan protein dan asam-asam amino pada babi pertumbuhan disajikan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Kebutuhan Protein dan Asam-asam Amino dalam Pakan pada Babi Fase *Grower*

Protein Kasar dan Asam amino	Jumlah (% basis)	
	Berat badan 20-50 kg	Berat badan 80-120 kg
Protein	18,0	15,5
Arginin	0,37	0,27
Histidin	0,30	0,24
Isoleusin	0,51	0,42
Leusin	0,90	0,71
Lisin	0,95	0,75
Metionin	0,25	0,20
Metionin+sistin	0,54	0,44
Fenilalanin	0,55	0,44
Fenilalanin+tyrosin	0,87	0,80
Treonin	0,61	0,51
Triptofan	0,17	0,14
Valin	0,64	0,62

Sumber: Diambil dari NRC (1998)

Dari informasi yang diperoleh baik pada rekomendasi NRC (1998) ataupun pada Rekomendasi Missouri (2017), bahwa kebutuhan protein dan asam-asam amino pada fase pertumbuhan pertama akan turun pada fase pertumbuhan kedua. Pertumbuhan babi pada pertumbuhan fase pertama jauh lebih cepat dibandingkan dengan fase pertumbuhan kedua; keadaan tersebut menyebabkan kebutuhan protein dan asam-asam amino pada pertumbuhan pertama lebih tinggi dibandingkan pada fase pertumbuhan kedua. Pada periode fase kedua pertumbuhan babi melambat dibandingkan fase pertama; pada fase kedua terjadi retensi lemak akan meningkat pada babi. Sudah tentu, kalau terjadi retensi lemak maka penambahan berat badan lebih rendah dibandingkan saat terjadi retensi protein.

Berrocoso *et al.* (2015) melakukan penelitian pada babi sedang bertumbuh (*grower*) yang diberi pakan mengandung protein dan asam-asam amino esensial yang berasal dari tepung bungkil biji kanola (*canola meal*) dan tepung bungkil kedelai (*soybean meal*). Dari hasil penelitiannya didapatkan bahwa pencernaan protein dan asam-asam amino esensial secara keseluruhan pada bungkil kedelai lebih baik dibandingkan dengan bungkil biji kanola. Wu *et al.* (2014) memberikan pernyataan bahwa pemakaian asam-asam amino esensial sintetik di masa mendatang perlu mendapatkan perhatian dalam hubungannya dengan penyusunan formulasi pakan. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan pakan, pertumbuhan, perkembangan, reproduksi, produksi susu dan kesejahteraan hewan/ternak (*animal welfare*).

Babi Fase Finisher

Kebutuhan protein kasar (CP) pada babi *finisher* sekitar 13,2% jauh di bawah kebutuhan CP pada fase *grower*; demikian juga terjadi penurunan kebutuhan asam-asam amino esensial (bandingkan Tabel 3.3. dengan Tabel 3.4.). Hahn *et al.* (1995) memprediksi kebutuhan lisin yang dapat dicerna adalah 0,58% pada babi awal fase *finisher* (berat badan 50 – 95 kg) dan 0,64% pada akhir fase *finisher* (berat badan 90 – 110 kg). Babi pada akhir fase *finisher* merrespon secara nyata terhadap dosis lisin yang dapat dicerna (0,35 - 0,65%) untuk kenaikan berat badan harian. Perkiraan kebutuhan lisin yang dapat dicerna rata-rata adalah 0,49% pada akhir fase *finisher* babi penggemukan dan 0,52% pada akhir fase *finisher* babi betina muda.

Tabel 3.4. Kebutuhan Protein dan Asam-asam Amino dalam Pakan pada Babi Fase *Finisher*

Protein Kasar dan Asam-asam amino	Jumlah (% basis)
Protein	13,2
Arginin	0,19
Histidin	0,19
Isoleusin	0,33
Leusin	0,54
Lisin	0,60
Metionin	0,16
Metionin+sistin	0,35
Fenilalanin	0,34
Fenilalanin+tyrosin	0,55
Treonin	0,41
Triptofan	0,11
Valin	0,40

Sumber: Diambil dari NRC (1998)

Suplementasi asam-asam amino esensial pada pakan berprotein rendah dapat meningkatkan penampilan babi dara dan babi penggemukan. Semakin rendah

kandungan protein pakan, diperlukan lebih banyak macam asam-asam amino esensial sebagai bahan suplementasi (Young, 2016). Semakin rendah kandungan protein pakan, maka keseimbangan asam-asam amino esensial menjadi semakin tidak seimbang. Penambahan asam-asam amino esensial sintetis menjadi sangat dan penting pada pakan babi, walau kadar protein pakan basal rendah. Suplementasi asam-asam amino esensial sintetis supaya diperhitungkan dengan baik, sehingga tercapai keseimbangan asam-asam amino esensial sesuai dengan kebutuhan babi. Keseimbangan yang dimaksud adalah keseimbangan diantara asam-asam amino esensial secara persentase dalam pakan terpenuhi.

Babi Kastrasi dan Babi Pejantan Muda

Babi kastrasi (*barrow*) dan babi pejantan muda (*gilt*) tampak jelas kebutuhan protein dan asam-asam amino yang semakin berkurang, karena pada babi kastrasi dan pejantan muda kondisi fisiologis tubuhnya semakin dewasa sehingga kebutuhan serta kemampuannya untuk retensi protein dan asam-asam amino semakin berkurang juga. Kebutuhan protein dan asam-asam amino pada babi kastrasi dan pejantan muda dapat dilihat pada Tabel 3.5. Cromwell *et al.* (1993) melaporkan hasil penelitiannya, bahwa *gilt* membutuhkan kadar protein pakan (lisin) yang lebih tinggi untuk memaksimalkan dan efisiensi penambahan berat badan dan perkembangan otot daging karkas dibandingkan dengan *barrow*. Artinya, tingkat protein atau lisin yang dibutuhkan untuk memaksimalkan efisiensi pemanfaatan pakan dan otot daging karkas lebih besar dari jumlah yang dibutuhkan untuk memaksimalkan kenaikan berat badan.

Tabel 3.5. Kebutuhan Protein dan Asam-asam Amino pada *Barrow* dan *Gilt* (90% DM)

	Barrow	Gilt	Barrow	Gilt
Berat Badan (kg)	50 - 80	50 - 80	80 - 120	80 - 120
WG (g/hari)	300 -350	300 - 350	300 - 350	300 -350
ME kkal/kg	3625	3625	3400	3400
 Nutrien Pakan (% basis)			
Protein	14,2 - 15,6	15,5 - 17,1	12,2 - 13,2	13,2 - 14,4
Arginin	0,24 - 0,28	0,27 - 0,32	0,16 - 0,19	0,18 - 0,22
Histidin	0,21 - 0,24	0,24 - 0,28	0,17 - 0,19	0,19 - 0,22
Isoleusin	0,36 - 0,42	0,41 - 0,48	0,29 - 0,33	0,33 - 0,37
Leusin	0,61 - 0,72	0,71 - 0,83	0,46 - 0,54	0,54 - 0,63
Lisin	0,67 - 0,77	0,76 - 0,88	0,53 - 0,60	0,60 - 0,69
Metionin	0,17 - 0,20	0,20 - 0,23	0,14 - 0,16	0,15 - 0,18
Metionin+sistin	0,36 - 0,44	0,44 - 0,50	0,31 - 0,35	0,35 - 0,40
Fenilalanin	0,38 - 0,44	0,44 - 0,51	0,29 - 0,43	0,34 - 0,39
Fenilalanin+tyrosin	0,61 - 0,70	0,70 - 0,80	0,48 - 0,55	0,54 - 0,53
Treonin	0,44 - 0,51	0,50 - 0,58	0,36 - 0,41	0,41 - 0,46
Triptofan	0,12 - 0,14	0,14 - 0,16	0,10 - 0,11	0,11 - 0,13
Valin	0,45 - 0,52	0,51 - 0,58	0,35 - 0,40	0,40 - 0,46

Sumber: Diambil dari NRC (1988)

ME: metabolizable energy; protein: protein kasar; Barrow: babi kastrasi; gilt: pejantan muda; WG: weight gain, pertambahan berat badan

Main *et al.* (2008) melakukan riset mengenai penentuan rasio lisin (g) : kalori (ME, kkal/kg pakan) pada *barrow* dan *gilt*. Dari riset tersebut didapatkan bahwa rasio lisin (g):kalori (ME, kkal/kg pakan) yang diperlukan menurun di kala *barrow* dan *gilt* berat badannya semakin bertambah atau ternak tersebut semakin dewasa. Hasil penelitian tersebut juga memperlihatkan bahwa *gilt* memerlukan ratio lisin (g) : kalori (ME, kkal/kg pakan) yang lebih tinggi dibandingkan *barrow*. Hal ini nampaknya sejalan dengan hasil penelitian Cromwell *et al.* (1993) bahwa memang *gilt* memerlukan lisin dan energi yang lebih tinggi dibandingkan *barrow*. Energi yang lebih tinggi tersebut digunakan untuk proses-proses metabolisme dalam rangka pertumbuhan dan retensi protein daging yang lebih tinggi pada *gilt*. Pada Tabel 3.5. yang diambil dari rekomendasi NRC (1998) untuk kebutuhan protein dan asam-asam

amino pada *barrow* dan *gilt* menunjukkan hal yang sama, dimana kebutuhan ME dan asam-asam amino lisin serta metionin+sistin berkurang sejalan dengan bertambahnya berat badan *gilt* dan *barrow*; serta kebutuhan *gilt* lebih tinggi dibandingkan dengan *barrow*.

Babi Bunting

Pada babi muda yang bunting memerlukan lebih banyak protein dan asam-asam amino dibandingkan dengan induk-induk yang dewasa. Kebutuhan lebih tersebut digunakan untuk pertumbuhan dirinya selama bunting selain juga untuk keperluan pertumbuhan janin yang dikandungnya selama masa kebuntingan. Pertambahan berat badan saat kebuntingan juga mengalami penurunan bagi induk-induk yang mempunyai berat badan yang lebih tinggi. Kebutuhan protein dan asam-asam amino esensial pada babi bunting tercantum di dalam Tabel 3.6.

Terjadi pertumbuhan jaringan janin dan pertumbuhan kelenjar susu sangat cepat pada saat akhir masa kebuntingan; maka kebutuhan asam amino lebih tinggi terutama pada induk-induk babi primitif. Pertumbuhan jaringan otot harus diperhitungkan pada janin/anak-anak babi yang lebih muda sebagai bagian dari kebutuhan reproduksi mereka. Dalam penelitian yang mendapatkan perhatian khusus diberikan pada pola pertumbuhan janin (McPherson *et al.*, 2004), jaringan induk (Ji *et al.*, 2005) dan kelenjar susu (Ji *et al.*, 2006). Temuan menunjukkan bahwa pertumbuhan janin, jaringan induk dan kelenjar susu sebagian besar terjadi pada saat akhir fase kebuntingan.

Tabel 3.6. Kebutuhan Protein dan Asam-asam Amino pada Babi Bunting (90% DM)

Berat badan (kg)	125	175	200
Kenaikan Berat Badan (kg)	55	40	30
Antisipasi <i>litter</i> (ekor)	12	12	12
ME ransum (kkal/kg)	3265	3265	3265
 Nutrien Pakan (% basis)		
Protein	12,9	12,4	12,1
Arginin	0,06	0,00	0,00
Histidin	0,19	0,17	0,17
Isoleusin	0,33	0,31	0,30
Leusin	0,50	0,46	0,43
Lisin	0,58	0,54	0,52
Metionin	0,15	0,14	0,13
Metionin+sistin	0,37	0,37	0,36
Fenilalanin	0,32	0,30	0,28
Fenilalanin+tyrosin	0,54	0,51	0,49
Treonin	0,44	0,44	0,44
Triptofan	0,11	0,11	0,10
Valin	0,39	0,36	0,34

Sumber: Diambil dari NRC (1998)

ME:metabolizable energy; protein: protein kasar; Barrow: babi kastrasi; gilt: pejantan muda; WG: weight gain, penambahan berat badan

Kenaikan berat badan fetus memerlukan sebanyak 17 gram merupakan selama periode hari 0 sampai hari ke 70 (0,25 g protein/hari) dan 203,7 g protein selama periode hari ke 70 sampai hari ke 114 (4,63 g protein/hari). Bila induk babi mengandung 14 fetus, maka akan terjadi peningkatan kebutuhan protein sebanyak 3,5 g protein/hari dan 64,8 g protein/hari masing-masing di awal dan di akhir kebuntingan. Terdapat perbedaan kebutuhan protein sekitar 61,3 g/hari; atau terjadi kenaikan sebesar 18,5 kali lipat dibandingkan di awal dan di akhir kebuntingan (McPherson *et al.*, 2004). Program pemberian pakan pada saat kebutnigan mungkin perlu direvisi untuk memasukkan peningkatan pemberian asam-asam amino pada paruh kedua fase kebuntingan. Hal ini bertujuan untuk menyokong peningkatan penggunaan protein untuk pertumbuhan kelenjar susu dan janin. Pemakaian asam-

asam amino berubah secara dinamis antara usia 60 dan 114 pada masa kebuntingan induk babi. Pola pemberian pakan secara demikian yang dapat diterapkan pada pemberian pakan babi betina dengan memiliki beberapa fase kebuntingan. Jika strategi pemberian pakan bertahap ini dapat diadopsi, akan memberikan pola asam amino yang lebih sesuai untuk pertumbuhan kelenjar janin dan kelenjar air susu (*mammae*) sambil meminimalkan kenaikan retensi lemak yang tidak perlu selama masa kebuntingan (Kim *et al.*, 2010).

Babi Laktasi

Protein merupakan komponen penting dari pakan yang sehat untuk mendukung pertumbuhan dan pemeliharaan. Selama periode kebuntingan, merupakan tahap kehidupan yang luar biasa yang ditentukan oleh pertumbuhan dan perkembangan yang cepat. Oleh karena itu, penyediaan protein pakan yang memadai sangat penting untuk memastikan hasil yang optimal (Elango dan Ball, 2016). Kalau terjadi penurunan berat badan pada induk babi yang sedang menyusui, maka yang sangat perlu ditingkatkan adalah kandungan protein dan asam-asam amino pakan yang diberikan pada energi tetap. Keadaan ini terlihat jelas pada Tabel 3.6. (NRC, 1998), dimana hampir semua kandungan asam-asam amino pakan meningkat. Kebutuhan tambahan terhadap protein (Bayer *et al*, 1994 *dalam* NRC, 1998) dan asam amino lisin (NRC, 1998) harian pada babi menyusui seperti persamaan berikut:

$$CP_{\text{gain}} = 1,47 + (0,0942 \times \text{ADG}) \dots\dots\dots (3.2.)$$

CP: tambahan protein dalam g/hari; ADG: pertambahan berat badan harian induk.

$$\text{Lisin} = - 639 + (0,022 \times \text{Litter}_{\text{gain}}) \dots\dots\dots (3.3.)$$

Lisin: lisin tercerna dalam g/hari; L_{gain}: pertambahan bera badan litter dalam g/hari.

Kebutuhan protein dan asam-asam amino pada babi laktasi meningkat sesuai dengan berat badan serta penurunan berat badan sebagai akibat menyusui (Tabel 3.7.).

Tabel 3.7. Kebutuhan Protein dan Asam-asam Amino pada Babi Laktasi (90% DM)

Berat badan (kg)	115	175	175
Perubahan Berat Badan (kg)	0	0	-10
Kenaikan Berat Badan Anak (g/hari)	150	200	250
ME ransum (kkal/kg)	3265	3265	3265
 Nutrien Pakan (% basis)		
Protein	16,3	17,5	19,2
Arginin	0,40	0,48	0,55
Histidin	0,32	0,36	0,40
Isoleusin	0,45	0,50	0,57
Leusin	0,86	0,97	0,12
Lisin	0,82	0,91	1,23
Metionin	0,21	0,23	0,26
Metionin+sistin	0,40	0,44	0,49
Fenilalanin	0,43	0,48	0,55
Fenilalanin+tyrosin	0,90	1,00	1,14
Treonin	0,54	0,58	0,65
Triptofan	0,15	0,16	0,19
Valin	0,68	0,78	0,88

Sumber: Diambil dari NRC (1988)

ME:metabolizable energy; protein: protein kasar; Barrow: babi kastrasi; gilt: pejantan muda; WG: weight gain, pertambahan berat badan

Sangat perlu diperhatikan bahwa perubahan besar terjadi saat babi induk sedang bunting ataupun menyusui. Menurut Theil (2016) perubahan besar terjadi dalam persyaratan nutrisi babi induk ketika induk kemudian ditempatkan di dalam kandang melahirkan (*farrowing unit*). Pemberian nutrien pada induk menyusui menggunakan strategi pemberian pakan melalui pendekatan-pendekatan yang lebih menjanjikan untuk meningkatkan hasil susu dan/atau mengurangi mobilisasi nutrisi tubuh dari induk babi yang sedang menyusui karena persediaan lisin harian dan energi harian sebagian dapat dipisahkan.

Di masa mendatang (Strathe, 2015), pendekatan secara faktorial dapat digunakan untuk menentukan kebutuhan protein dan asam-asam amino esensial (terutama lisin) pada babi menyusui; dengan demikian akan dapat ditentukan

produksi dan komposisi nutrien air susu induk babi serta kemungkinan-kemungkinan perkembangan litter. Kim *et al.* (2011), induk babi harus diberi pakan yang diformulasi sesuai dengan persyaratan kebutuhan asam-asam amino yang tepat dan seauai dengan kandungan asam-asam amino pakan yang ideal. Hal tersebut mempunyai tujuan agar menghasilkan peningkatan kinerja dan pada akhirnya menghasilkan produksi babi yang lebih efisien.

Untuk mengatasi keadaan kekurangan asam-asam amino esensial dalam formulasi pakan yang disebabkan kurang tersedianya sumber bahan pakan, maka suplementasi atau pemanfaatan asam-asam amino sintetik merupakan alternatif yang bisa diandalkan. Suplementasi asam-asam amino esensial pada pakan babi guna melengkapi terutama asam-asam amino pembatas seperti lisin dan metionin+sistin. Cara ini jauh lebih murah dibandingkan dengan cara-cara menambahkan sumber protein dari bahan pakan atau konsentrat.

Babi Pejantan Aktif

Informasi mengenai kebutuhan protein dan asam-asam amino untuk pejantan-pejantan aktif (*active boars*) sangat sedikit, karena tidak banyak penelitian yang dipublikasikan mengenai hal tersebut. Malahan ada yang menyatakan bahwa dengan hanya 12% CP (Uzu, 1979) dalam pakan dianggap sudah cukup untuk pejantan. Menurut NRC (1998) pada Tabel 3.6. bahwa kebutuhan protein pada pejantan babi aktif sebesar 13% (90% DM) dengan konsumsi pakan dibatasi sekitar 2 kg per hari. Imbangan energi dan protein pakan (ME kkal/kg : CP %) sebesar 251 (kkal/kg%). Pembatasan pakan harus dilakukan karena pejantan aktif tidak boleh

tumbuh terus dan untuk menjaga kestabilan berat badan. Kebutuhan protein dan asam-asam amino pada babi pejantan aktif disajikan pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8. Kebutuhan Protein dan Asam-asam Amino pada Babi Pejantan Aktif (90% DM)

DE pakan (kkal/kg)	3400	3400
ME Pakan (kkal/kg)	3265	3265
Konsumsi (kg/hari)	2,00	2,00
Protein	13,0	13,0
	----- Nutrien Pakan (%) basis -----	Jumlah (g/hari)
Arginin	-	
Histidin	0,19	3,8
Isoleusin	0,35	7,0
Leusin	0,51	10,2
Lisin	0,60	12,0
Metionin	0,16	3,2
Metionin+sistin	0,42	8,4
Fenilalanin	0,33	6,6
Fenilalanin+tyrosin	0,57	11,4
Treonin	0,50	10,0
Triptofan	0,12	2,4
Valin	0,40	8,0

Sumber: Diambil dari NRC (1988)

ME:metabolizable energy; protein: protein kasar; DE: digestible energy.

Kalau pejantan terlalu berat, maka kemudian akan menjadi masalah bagi betina-betina atau induk-induk muda saat perkawinan. Masalah yang akan timbul misalnya betina muda tidak dapat menahan berat badan pejantan agak lama, malahan akan terjadi kecelakaan seperti patah tulang kaki pada induk-induk muda. Pada pejantan aktif kemungkinan akan membutuhkan relatif lebih banyak asam-asam amino yang mengandung sulfur serta lisin (Moskutelo, 1970). Efek usia menyebabkan kelebihan berat hidup menjadikan suatu kekhawatiran pada saat awal pubertas pada *gilt*. Pengaruh pembatasan pakan dapat bergantung pada kinerja pertumbuhan hewan yang diberi pakan *ad libitum* karena usia dapat membatasi pencapaian pubertas pada *gilt* dengan tingkat pertumbuhan tinggi. Pertumbuhan yang

terbelakang mungkin juga memiliki efek spesifik selama perkembangan seksual yang terbatas, dan hal ini memerlukan penyelidikan lebih lanjut. Berat hidup sangat mempengaruhi berat gonad pada babi *boar* dan *gilt*. Usia dan berat badan mempengaruhi perkembangan aksesori kelenjar seks pada boar. Efek ini (Prunier *et al.*, 1987) mungkin dapat dimediasi oleh perubahan produksi dan/atau metabolisme hormon steroid karena usia dan berat hidup.

IV. MINERAL

Mineral adalah benda padat homogen bersifat tak organik (anorganik) yang terbentuk secara alamiah dan mempunyai komposisi kimia tertentu dan jumlahnya sangat banyak. Unsur anorganik ini termasuk kalsium, klorin, tembaga, yodium, besi, magnesium, mangan, fosfor, potassium, selenium, natrium, belerang, dan seng. Chromium (Cr) sekarang dikenali sebagai mineral penting (Tabel 4.1.). Fungsi elemen anorganik ini sangat berbeda; elemen anorganik disebut mineral. Mineral memiliki fungsi-fungsi struktural di beberapa jaringan sampai berbagai macam fungsi regulasi di bidang jaringan lainnya.

Babi dan demikian pula jenis ternak lainnya memerlukan nutrisi untuk memenuhi kebutuhan unsur anorganik tertentu. Kebanyakan babi sekarang dibesarkan dalam kurungan atau kandang, tanpa memiliki akses ke tanah atau tanpa mendapatkan hijauan; lingkungan pemeliharaan ini mungkin meningkatkan kebutuhan suplementasi mineral. Tanah dan juga hijauan merupakan sumber mineral yang bisa didapatkan oleh ternak secara alami; terutama ternak-ternak yang dipelihara pada pastura. Beberapa mineral (Carson, 1986), termasuk antimon, arsenik, kadmium, fluor, timbal, dan merkuri, bisa menjadi racun bagi babi. Unsur kimia selain C, H, O dan N kecuali gas mulia disebut mineral. Mineral disebut elemen anorganik karena tidak mengandung karbon (C), sedangkan nutrisi organik mengandung unsur karbon. Mineral digolongkan ke dalam mineral makro dan mineral mikro; mineral makro diperlukan dalam jumlah lebih banyak, sedangkan mineral mikro diperlukan dalam jumlah sedikit. Kebutuhan mineral pada babi disajikan pada Tabel 8.1.; 8.2.; 8.3.; dan 8.4.

Tabel 4.1. Mineral Makro dan Mineral Mikro

Mineral makro	Mineral mikro
Kalsium/Calcium (Ca)	Chromium (Cr)
Klor/Chlorine (Cl)	Kobal/Cobalt (Co)
Magnesium/Magnesium (Mg)	Tembaga/Copper (Cu)
Fosfor/Phosphorus (P)	Flor/Fluorine (F) [*])
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); ^{}: dapat memberikan keuntungan tetapi bersifat racun dalam pakan bila berlebih.*

4.1. Mineral Makro

Kalsium dan Fosfor

Kalsium (Ca) dan Fosfor (P) memainkan peran yang sangat penting dan dalam perannya memerlukan perbandingan tertentu. Keduanya memainkan peran utama pada perkembangan sistem tulang dan beberapa fungsi fisiologis pada tubuh hewan. Peo (1991) menunjukkan bahwa mineral kalsium dan fosfor supaya dapat dikatakan cukup memadai untuk semua kelas babi bergantung pada; 1). ketersediaan yang memadai dari setiap unsur dalam bentuk yang tersedia dalam pakan; 2). perbandingan yang sesuai antara kalsium dan fosfor yang tersedia dalam pakan; dan 3) adanya vitamin D yang cukup. Rasio Ca terhadap P yang lebar menurunkan penyerapan P, sehingga akan menurunkan kecepatan tumbuh dan kalsifikasi tulang, terutama jika pakannya marjinal di P. Perbandingan kandungan Ca dan P dalam pakan babi sebaiknya diantara 1 : 1 dan 1,25 : 1. Bila didasarkan kepada P *available* (P tersedia), maka rasio tersebut akan menjadi 2 : 1 sampai 3 : 1 (Jongbloed, 1987). Hal yang penting pula, jumlah vitamin D yang memadai juga diperlukan untuk

metabolisme Ca dan P yang optimal, namun tingkat vitamin D yang sangat tinggi dapat memobilisasi secara berlebihan jumlah Ca dan P dari dalam tulang.

Natrium dan Klor

Natrium (sodium, Na) dan klor (Cl) masing-masing merupakan komponen kation dan anion ekstraseluler di dalam tubuh. Klor merupakan anion utama pada cairan lambung. Tingkat penggunaan Na dan Cl pada babi diberikan dalam pakan menurut Hagsten *et al.* (1976) sekitar 0,20 - 0,25 % pada babi sedang bertumbuh (*grower*) sampai *finishing*. Kandungan NaCl dalam pakan sampai 0,4 persen dalam pakan babi bunting dan meningkat menjadi 0,5% pada pakan babi menyusui.

Kekurangan mineral Na dan Cl dapat menurunkan efisiensi pertumbuhan pada babi. Natrium, klor dan kalium merupakan ion utama yang mempengaruhi status keseimbangan elektrolit dan keseimbangan asam-basa dalam tubuh ternak. Kelebihan natrium akan mengakibatkan keracunan yang ditandai dengan kegugupan, terkejut, serangan epilepsi, kelumpuhan dan kematian (*nervousness, staggering, epileptic seizures, paralysis and death*) (Carson, 1986). Natrium klorida berperan aktif dalam proses pengeluaran keringat, terutama pada waktu musim panas (Taylor dan Field, 2004). Dijelaskan pula peran penting hubungan antara tekanan osmosis plasma dan sel-sel darah merah serta menjaga keseimbangan konsentrasi natrium klorida dan kalium klorida, dimana plasma darah mengandung natrium klorida sedangkan sel-sel darah merah mengandung kalium klorida.

Magnesium

Magnesium (Mg) merupakan mineral yang berperan aktif sebagai komponen dalam sistem enzim serta merupakan mineral yang ikut sebagai penyusun tulang. Pada pakan murni untuk babi yang dipelihara secara intensif memerlukan magnesium sekitar 300 – 500 mg/kg pakan (Mayo *et al.*, 1959). Kebutuhan magnesium pada babi sapihan, bertumbuh dan *finishing* tidak jauh berbeda dengan babi-babi muda. Beberapa riset menunjukkan bahwa magnesium yang terkandung di dalam bahan pakan alami tidak semuanya dapat dimanfaatkan oleh babi, bahkan (Miller, 1980) hanya 50 sampai 60% dapat digunakan oleh babi.

Bila ternak kekurangan magnesium, maka sering muncul tanda-tanda mulai dari *hyperirritability*, *muncular twitching*, *reluctance to stand*, *weak pastern*, *loss of equilibrium* dan *tetany* yang diikuti kematian (Miller, 1965c); tingkat keracunan oleh magnesium tidak diketahui dan tingkat maksimum toleransi pada babi sekitar 0,3% (NRC, 1998).

Kalium

Mineral kalium (potasium, K) adalah mineral yang ketiga paling melimpah di tubuh babi dan hanya bisa dilampaui oleh mineral kalsium dan fosfor (Manner dan McCrea, 1964), demikian halnya bahwa kalium merupakan mineral yang paling banyak ditemukan di dalam jaringan otot (Stant *et al.*, 1969). Kalium banyak terlibat di dalam keseimbangan elektrolit dan fungsi neuromuskuler. Seperti diketahui bahwa kalium berfungsi sebagai cadangan kation monovalen dan untuk keseimbangan anion intraseluler sebagai bagian dari *sodium-potassium pump physiological mechanism* (lihat natrium dan klor). Tanda-tanda kekurangan kalium (Jansen *et al.*,

1961) antara lain *anemia*, *rough hair coat*, *emaciation*, *inactivity* dan *ataxia*. Mengenai kelebihan kalium dalam pakan sampai dapat menimbulkan keracunan belum dapat dipastikan, karena menurut Farries (1958) bahwa babi mempunyai toleransi terhadap kalium sampai 10 kali dari kebutuhannya, asal cukup mendapat air minum.

Sulfur

Sulfur (belerang, S) merupakan mineral esensial, karena mineral sulfur merupakan bagian dari asam-asam amino metionin dan sistin. Asam amino metionin merupakan asam amino pembatas dan sangat esensial bagi babi dalam perbandingan yang cukup dengan sistin. Keterbatasan jumlah asam amino metionin pada bahan pakan sumber protein yang berasal dari bahan pakan nabati, namun kekurangan metionin dalam pakan babi dapat disuplementasi dengan menggunakan asam amino metionin sintetik. Menurut Miller (1975) dan Baker (1977) babi dan senyawa sulfur sintetik seperti taurin, glutation, asam lipoat, dan kondroitin sulfat. Penambahan sulfur anorganik tidak memberikan manfaat yang berarti pada babi.

4.2. Mineral Mikro

Kromium

Kromium (*chromium*, Cr) merupakan mineral yang berperan aktif dalam metabolisme karbohidrat, lemak, protein dan asam nukleat (Nielson, 1964) dan bekerja sebagai kofaktor bersama insulin (White *et al.*, 1993). Penyerapan kromium anorganik dalam saluran pencernaan sangat sedikit. Kromium anorganik yang dapat

diserap dan mempunyai potensi menurunkan lemak karkas dan menaikkan jumlah daging karkas (Sale dan Jančík, 2014); sedangkan kromium organik ternyata lebih baik dapat diserap dibandingkan dengan kromium anorganik (Clancy *et al.*, 1994). Walaupun demikian, sebenarnya seberapa kebutuhan kromium pada babi belum ada gambaran yang pasti, namun ulasan tentang kebutuhan kromium telah dilakukan oleh NRC (1998).

Kobal

Mineral kobal (*cobalt*, Co) merupakan komponen atau inti dari vitamin B₁₂ (Rikers *et al.*, 1948) dan kebutuhan absolut terhadap kobal pada babi belum jelas, karena kebutuhan Co juga merupakan kebutuhan terhadap vitamin B₁₂. Kobal dapat menggantikan fungsi seng (*zink*, Zn) dalam enzim karboksipeptidase dan sebagian seng dalam enzim alkalinfosfatase (NRC, 1998). Mineral kobal hanya akan dimanfaatkan oleh mikroflora di dalam usus babi untuk mensintesis vitamin B₁₂.

Level vitamin B₁₂ sebesar 400 ppm bersifat racun karena berlebih pada babi muda dan terjadi *anorexia* sebagai akibat kelebihan tersebut (Huck dan Clawson, 1976). Toleransi maksimum yang dapat ditunjukkan pada babi sapihan kurang dari 150 ppm Co dalam pakan. Telah diketahui bahwa selenium, vitamin E dan sistein dapat melindungi hewan terhadap toksisitas akibat dari kadar kobal yang berlebihan.

Tembaga

Tembaga (*cooper*, Cu) sangat diperlukan oleh babi; karena tembaga memainkan peran yang sangat penting dalam pembentukan hemoglobin (Hb) dan juga dalam

pembentukan dan aktivasi enzim-enzim oksidatif yang dibutuhkan untuk metabolisme normal (Miller *et al.*, 1979). Kebutuhan tembaga pada babi yang baru lahir sebanyak 5-6 ppm dalam pakan dan untuk fase pertumbuhan sebanyak 5-6 ppm (Hill *et al.*, 1983a); konsumsi 60 ppm pada babi bunting dan babi menyusui dapat meningkatkan berat anak dan berat anak saat disapih (Lillie and Probish, 1978).

Garam-garam tembaga termasuk tembaga sulfat, tembaga karbonat dan tembaga klorida merupakan garam-garam tembaga yang mempunyai nilai *high biological availabilities* (dayaguna biologis tinggi); akan tetapi kupri sulfat dan kupri oksida kurang dapat dimanfaatkan oleh babi (Cromwell *et al.*, 1978, 1998).

Yodium

Fungsi mayoritas daripada yodium (*Iodine*, I) pada babi terletak pada glandula atau kelenjar tiroid, sebagai komponen utama *mono-*, *di-*, *tri-* dan *tetraiodothyronine* (*thyroxine*, tiroksin). Hormon tiroksin berperan penting dalam proses-proses metabolisme (NRC, 1998). Garam-garam kalsium iodat, potasium iodat dan pentakalsiumotoperiodat merupakan bentuk garam-garam yodium yang cukup baik dapat dimanfaatkan dan keadaannya lebih stabil dibandingkan dengan natrium yodida dan kalium yodida.

Menurut Newton and Clawson (1974) pemberian pakan yang mengandung 800 ppm yodium kepada babi yang sedang bertumbuh dapat menyebabkan berkurangnya pertumbuhan, konsentrasi Hb dan konsentrasi Fe dalam hati. Arington *et al.* (1965) menyatakan bahwa selama laktasi dan setelah umur kebuntingan 30 hari pada babi yang di berikan yodium sebanyak 1500-2500 ppm ternyata tidak membahayakan induk babi.

Besi

Zat besi (*Iron*, Fe) dibutuhkan sebagai komponen hemoglobin yaitu zat berwarna merah pada sel darah. Besi juga ditemukan pada otot sebagai mioglobin, di serum sebagai transferrin, di plasenta sebagai uteroferrin, dalam susu seperti laktoferin, dan di hati sebagai feritin dan hemosiderin (Zimmerman, 1980; Ducsay *et al.*, 1984). Fe juga memainkan peran penting dalam tubuh sebagai penyusun beberapa enzim-enzim metabolisme. Babi yang baru lahir terdapat sekitar 50 mg zat besi di dalam tubuhnya, dan sebagian besar zat besi tersebut sebagai hemoglobin (Venn *et al.*, 1947).

Kebutuhan zat besi *postweaning* adalah sekitar 80 ppm (Pickett *et al.*, 1960). Selanjutnya pada fase pertumbuhan dan fase kedewasaan, kebutuhan zat besi semakin berkurang seiring dengan laju kenaikan volume darah semakin melambat. Bahan pakan alami biasanya cukup tersedia zat besi untuk memenuhi kebutuhan pascasapih anak-anak babi. Pakan sumber Fe seperti *defluorinated phosphate* dan dikalsium fosfat yang mengandung 0,6 sampai 1,0 persen zat besi yang dapat memasok sejumlah besar zat besi. Zat besi dalam *defluorinated phosphate* sekitar 65 persen seperti yang tersedia untuk babi sebagai besi dalam *ferrous sulfate* (Kornegay, 1972a).

Ferrous sulfate, *ferric chloride*, dan *ferric sitrate* efektif sekali dalam mencegah anemia yang disebabkan oleh defisiensi besi (Miller *et al.*, 1981a). Jenis anemia yang disebabkan oleh kekurangan zat besi adalah anemia hipokromik-mikrositik. Babi yang terkena anemia menunjukkan bukti berupa pertumbuhan yang buruk, lesu, rambut kasar, kulit keriput, dan membran lendir pucat. Babi yang sedang bertumbuh bila kekurangan Fe bisa mati mendadak karena anoreksia. Tanda-tanda

yang khas seperti pernapasan melambat, aktivitas berkurang, dan sentakan spasmodik pada otot diafragma. Bila dilakukan pembebdahan, maka akan ditemukan hati yang membesar dan berlemak; tipis, sel-sel darah pipih; pembengkakan pada jantung; dan limpa yang membesar dan terjadi kerusakan. Babi anemia (Osborne dan Davis, 1968) lebih rentan terhadap infeksi penyakit.

Mangan

Mangan (manganese, Mn) berfungsi sebagai komponen beberapa enzim yang terlibat dalam proses-proses metabolisme karbohidrat, lipid, dan protein. Mangan sangat penting untuk mesintesis kondroitin sulfat, komponen *mucopolysaccharides* dalam organ matriks tulang (Leach dan Muenster, 1962; Christianson *et al.*, 1989, 1990). Hal ini membuktikan bahwa kecukupan mangan dapat ditandai dengan berat lahir babi lebih besar pada saat induk babi diberi mengonsumsi mangan 10 atau 20 ppm dibandingkan dengan saat diberi makan 5 ppm mangan. Selain itu, keadaan estrus induk babi akan lebih membaik dengan memberikan mangan 20 ppm. Atas dasar inilah belakangan ini diadakan penelitian dan menghasilkan rekomendasi jumlah mangan yang diberikan kepada induk bunting dan menyusui telah meningkat menjadi 20 ppm dalam pakan. Meskipun tingkat keracunan oleh mangan tidak mengkhawatirkan, namun saat babi diberikan 4.000 ppm mangan (Leibholz *et al.*, 1962) dalam pakan dapat mengakibatkan konsumsi pakan dan tingkat pertumbuhan menurun. Tingkat 2.000 ppm mangan dalam pakan mengakibatkan kadar hemoglobin babi akan berkurang (Matrone *et al.*, 1959) dan pemberian 500 ppm mangan dalam ransum mengakibatkan berkurangnya tingkat pertumbuhan pada babi yang sedang bertumbuh (Grummer *et al.*, 1950).

Selenium

Selenium (*selenium*, Se) adalah komponen enzim *glutathione peroxidase* (Rotruck *et al.*, 1973), yang mendetoksifikasi lipid peroksida dan memberikan perlindungan membran seluler dan subselular terhadap kerusakan peroksida. Dengan demikian, kerjasama yang saling menguntungkan antara selenium dan vitamin E untuk menghasilkan antioksidan (*antiperoxidant*) secara bersama pada level vitamin E yang tinggi. Artinya peran selenium dapat menggantikan peran vitamin E sebagai penghasil antioksidan. Bagaimanapun harus diusahakan, jangan sampai sepenuhnya mengurangi atau menghilangkan kebutuhan akan selenium pada babi (Hakkarainen *et al.*, 1978). Selenium telah terbukti memiliki fungsi dalam metabolisme tiroid, karena *iodothyronine 58-deiodinase* telah diidentifikasi sebagai selenoprotein (Arthur, 1994). Kebutuhan selenium di dalam pakan dengan kisaran 0,3 ppm untuk babi lepas sapih dan sampai 0,15 ppm untuk babi *finisher* babi dan babi induk (Meyer *et al.*, 1981). Kebutuhan selenium sangat dipengaruhi oleh tingkat konsumsi fosfor dalam pakan (Lowry *et al.*, 1985b), tetapi tidak dipengaruhi oleh tingkat kalsium dalam pakan (Lowry *et al.*, 1985a). Beberapa bentuk selenium yang sangat efektif untuk memenuhi kebutuhannya dalam pakan termasuk ragi yang diperkaya dengan selenium, sodium selenite, dan sodium selenate, (Mahan dan Kim, 1996).

Pada saat babi yang sedang tumbuh diberi pakan yang mengandung sodium selenite, sodium selenate, selenomethionine, atau seleniferous pada jagung, ternyata selenium tidak menghasilkan toksisitas pada tingkat kurang dari 5 ppm (Mahan dan Moxon, 1984). Tanda-tanda toksisitas selenium meliputi anoreksia, rambut rontok,

infiltrasi lemak hati, perubahan degeneratif pada hati dan ginjal, edema, sesekali terjadi pemisahan kuku dan kulit (Herigstad *et al.*, 1973).

Seng

Seng (*zink*, Zn) adalah komponen utama dari metalloenzim, termasuk sintesis DNA dan RNA dan transferase, banyak pula sebagai enzim pencernaan, serta berhubungan erat dengan hormon insulin. Oleh karena itu, unsur ini berperan penting dalam metabolisme protein, karbohidrat, dan lipid. Banyak faktor yang terkait dalam pakan yang dapat mempengaruhi kebutuhan seng pada babi (Miller *et al.*, 1979), termasuk asam fitat atau *phytates* pada bahan pakan yang berasal dari tanaman (Oberleas, 1983), tembaga (Kirchgessner dan Grassman, 1970), kadmium (Pond *et al.*, 1966), kobalt (Hoekstra, 1970), etilenadiamin tetraacetic acid (EDTA) (Owen *et al.*, 1973), histidin dan tingkat protein pakan dan sumber bahan pakan yang digunakan (Dahmer *et al.*, 1972 a,b).

Kirchgessner *et al.* (1981) memperkirakan kebutuhan seng pada babi betina bunting sekitar 25 ppm dalam pakan yang seimbang. Pada tingkat seng yang rendah dalam pakan (13 ppm) selama 4 minggu akhir kebuntingan dapat memperpanjang durasi *farrowing* (Kalinowski dan Chavez, 1984). Tanda-tanda klasik pada babi yang sedang tumbuh yang mengalami defisiensi zinc adalah hiperkeratinisasi pada kulit, suatu kondisi yang disebut parakeratosis (Kernkamp dan Ferrin, 1953; Tucker dan Salmon, 1955). Defisiensi zinc mengurangi laju dan efisiensi pertumbuhan, menurunnya kadar Zn, *alkaline phosphatase*, dan albumin dalam serum Prasa *et al.*, 1969, 1971; Ku *et al.*, 1970). Babi induk muda yang diberi pakan defisiensi Zn selama masa gestasi dan menyusui menghasilkan sedikit anak dengan ukuran badan

yang lebih kecil; selain itu, mengakibatkan kandungan Zn dalam serum dan dalam jaringan berkurang (Hill *et al.*, 1983a,b,c). Defisiensi Zn juga menyebabkan berkurangnya konsentrasi seng dalam susu (Pond dan Jones, 1964); menghambat perkembangan testis pada babi hutan dan perkembangan timus pada babi muda (Miller *et al.*, 1968; Liptrap *et al.*, 1970).

V. VITAMIN

Istilah "vitamin" menggambarkan suatu senyawa organik yang berbeda dari asam amino, karbohidrat, dan lipida, karena vitamin dibutuhkan dalam jumlah kecil untuk pertumbuhan dan reproduksi normal. Beberapa vitamin tidak diperlukan dalam pakan karena vitamin demikian dapat disintesis dengan mudah dari nutrien lain atau metabolisme dari konstituen, atau oleh mikroorganisme di dalam sistem pencernaan. Vitamin umumnya dibedakan sebagai vitamin-vitamin yang larut dalam lemak (*fat soluble vitamin*) dan vitamin-vitamin yang larut dalam air (*water soluble vitamin*). Vitamin-vitamin yang termasuk vitamin yang larut dalam lemak meliputi A, D, E, dan K; sedangkan vitamin-vitamin yang larut dalam air termasuk vitamin B kompleks (meliputi biotin, kolin, folacin, niasin, asam pantotenat, riboflavin, thiamin, B6, dan B12) serta vitamin C (asam askorbat) (Tabel 5.1.).

Vitamin terutama dibutuhkan sebagai koenzim dalam metabolisme nutrien-nutrien yang dibutuhkan oleh ternak di dalam tubuhnya. Dalam bahan pakan, vitamin terdapat terutama sebagai senyawa prekursor atau koenzim yang mungkin terikat atau dikomplekskan dengan suatu ikatan kimia tertentu. Dengan demikian, proses pencernaan diperlukan untuk melepaskan atau mengubah prekursor vitamin atau senyawa yang kompleks ke dalam bentuk yang dapat dimanfaatkan dan mudah diserap. Vitamin-vitamin yang diperlukan oleh babi pada berbagai tingkat pertumbuhan dan berbagai tingkat produksi dapat dilihat pada Tabel 8.3. dan 8.4. Untuk memenuhi kekurangan vitamin dalam pakan babi secara praktis, maka berbagai vitamin premix telah dikembangkan dan biasanya ditambahkan ke dalam campuran pakan babi.

Tabel 5.1. Vitamin-vitamin Penting yang Terdapat Dalam Pakan

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

Keterangan:¹⁾ Choline (kolin) juga disebut vitamin B₄; ²⁾ Vitamin C tidak penting bagi babi

5.1. Vitamin Larut Dalam Lemak

Vitamin A

Vitamin A (*retinol*) sangat penting untuk penglihatan, reproduksi, pertumbuhan dan pemeliharaan jaringan epitel, dan sekresi lendir (*mucus*). Kebijakan dalam nomenklatur vitamin A menentukan bahwa istilah "vitamin A" digunakan untuk semua turunan (derivat) dari β -ionone. Selain provitamin A dalam bentuk karotenoid, semua senyawa-senyawa trans retinol (yaitu vitamin A alkohol atau retinol) menunjukkan aktivitas biologis. Vitamin A yang terdapat dalam hewan jaringan (terutama jaringan lemak), telur, dan susu segar; sedangkan bahan yang berasal dari tanaman hanya mengandung prekursor provitamin A yang harus diproses lebih lanjut di dalam usus atau hati untuk membentuk provitamin dimaksud menjadi retinol. Satuan 1 IU vitamin A sama dengan 0,3 μ g vitamin A alkohol kristal, 0,344 μ g vitamin A asetat, atau 0,55 μ g vitamin palmitat. Secara umum pemakaian istilah untuk aktivitas vitamin A dalam pakan dan pakan (*foods and*

feeds) digunakan istilah equivalen retinol (*retinol equivalent, RE*) yang besarnya 1 µg semua senyawa trans retinol.

Parrish *et al.* (1951) mengemukakan bahwa pemberian 2.100 IU vitamin A/hari selama masa kebuntingan dan menyusui pada babi sudah cukup untuk menjaga konsentrasi normal dalam serum dan hati. Kekurangan vitamin A pada babi dapat menyebabkan penurunan pertumbuhan berat badan (*daily gain*), inkoordinasi, kelumpuhan kaki belakang, kebutaan, peningkatan tekanan cairan serebrospinal, penurunan tingkat plasma, simpanan dalam hati berkurang (Nelson *et al.*, 1964). Tanda-tanda toksisitas berat ada kasus hipervitaminosis A meliputi mantel rambut kasar, kulit bersisik, *hyperirritability* dan sensitivitas saat disentuh, pendarahan pada retakan kulit, terdapat darah dalam urin dan kotoran, hilangnya kontrol kaki yang disertai dengan ketidakmampuan untuk berdiri, dan tremor periodik (Anderson *et al.*, 1966). Babi muda yang diberi pakan mengandung 605.000, 484.000, 363.000, atau 242.000 mg Retinil palmitat/kg pakan memperlihatkan tanda-tanda toksisitas vitamin A masing-masing pada hari ke 16; 17,5; 32; dan 43. Akan tetapi, tidak terdapat tanda-tanda toksisitas yang teramati bila babi diberi asupan tambahan 121.000 mg retinil palmitat/kg pakan selama 8 minggu (Anderson *et al.*, 1966).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan ester vitamin A dalam pakan dan premix lebih stabil dibandingkan dengan retinol. Sumber vitamin A komersial dalam bentuk ester dan sudah dilengkapi dengan bahan pengawet atau antioksidat *ethoxyquin* atau *butylated hydroxytoluene* (BHT). Ekuivalensi atau kesetaraan nilai (NRC, 1998) 1 IU vitamin A = 0,344 µg retinil asetat atau 1 IU = 0,549 retinil palmitat.

Vitamin D

Dua bentuk utama vitamin D adalah *ergocalciferol* (vitamin D₂) dan *cholecalciferol* (vitamin D₃). Pengaruh sinar ultraviolet terhadap ergosterol yang terdapat pada tanaman dalam bentuk ergocalciferol; konversi fotokimia terhadap 7-*dehydrocholesterol* di kulit hewan membentuk *cholecalciferol*. Vitamin D dan metabolit hormonnya bekerja pada mukosa sel-sel usus halus, menyebabkan terbentuknya protein pengikat kalsium. Protein ini memudahkan penyerapan kalsium, magnesium dan penyerapan fosfor. Proses metabolisme vitamin D secara bersama-sama dengan hormon paratiroid dan kalsitonin, akan mempertahankan keseimbangan (*homeostasis*) kalsium dan fosfor. Satu IU vitamin D didefinisikan sebagai aktivitas biologis 0,025 µg daripada *cholecalciferol*. Vitamin D secara bersama-sama dengan hormon paratiroid dan kalsium mempertahankan keadaan homeostasis Ca dan P. Kebutuhan minimal vitamin D sekitar 200 IU/kg pakan untuk babi yang sedang berumbuh (Miller *et al.*, 1965). Akan tetapi, pada beberapa studi tentang vitamin D menunjukkan bahwa penambahan vitamin D tidak meningkatkan berat badan. Defisiensi vitamin D dapat menyebabkan kerusakan proses penyerapan dan metabolisme kalsium dan fosfor, sehingga kebutuhannya tidak terpenuhi untuk pembentukan tulang. Pada babi sedang bertumbuh, defisiensi vitamin D dapat menyebabkan penyakit riketsia (*ricketts*, rakhitis), sedangkan pada babi dewasa menyebabkan berkurangnya kandungan mineral tulang (Ca dan P) yang disebut *osteomalacia*. Pada kasus yang parah (Quarterman *et al.*, 1964), kekurangan vitamin D pada babi mungkin akan menunjukkan tanda-tanda defisiensi kalsium dan fosfor termasuk gejala *tetany* (kejang).

Toksisitas vitamin D dapat terjadi pada babi lepas sapih apabila pemberian vitamin D secara oral dengan dosis 6.250 mg/hari vitamin D₃ selama 4 minggu (Quarterman *et al.*, 1964). Tingkat vitamin D₃ ini dapat mengurangi asupan pakan; mengurangi tingkat pertumbuhan; dan menurunkan berat hati, radius, dan ulna. Bila babi seberat 20 sampai 25 kg diberi asupan vitamin D₃ sebanyak 11.825 mg setiap hari dapat mengakibatkan kematian dalam waktu 4 hari (Long, 1984). Hancock *et al.* (1986) melaporkan bahwa terjadi penurunan pertambahan berat badan dan penurunan efisiensi penggunaan pakan pada babi dengan berat 10 sampai 20 kg bila diberi suplemen vitamin D₃ sebanyak 550 sampai 1.100 µg/kg pakan setiap hari. Hal ini membuktikan bahwa vitamin D₃ lebih beracun dibandingkan vitamin D₂ di sejumlah spesies, termasuk babi (National Research Council, 1998).

Vitamin E

Ada delapan bentuk alami vitamin E: α , β , γ , dan δ tocopherols (Stern *et al.*, 1947) dan α , β , γ , dan δ tocotrienols (Whittle *et al.*, 1966). Dari jumlah tersebut, ternyata d- α -tocopherol memiliki aktivitas biologis yang terbesar (Bieri dan McKenna, 1981). Satu IU vitamin E merupakan aktivitas 1 mg dari DL- α -tocopheryl acetat. Isomer D lebih bioaktif dibandingkan dengan isomer L; 1 mg DL- α -tocopherol sama dengan 1,1 IU vitamin E; 1 mg D- α -tocopheryl acetat sama dengan 1,36 IU vitamin E; dan 1 mg D- α -tocopherol acetat sama dengan 1,49 IU vitamin E.

Selama bertahun-tahun, yang menjadi sumber utama vitamin E dalam pakan adalah tokoferol (*tocopherol*) yang ditemukan pada tanaman hijau dan biji-bijian. Oksidasi dan kerusakan vitamin E secara alami dapat dipercepat oleh adanya panas, kelembaban tinggi, lemak yang mengalami ketengikan, dan mineral mikro. Oleh

karena itu, memprediksi jumlah aktivitas vitamin E dalam bahan pakan sulit dilakukan. Penyertaan vitamin E tingkat tinggi dalam pakan mungkin dapat meningkatkan respon imun (Wuryastuti *et al.*, 1993), meskipun menurut Bonnette *et al.* (1990) menemukan, tidak terdapat bukti peningkatan respon kekebalan pada babi muda diberi makan vitamin E tingkat tinggi. Vitamin E berfungsi sebagai antioksidan pada tingkat membran sel, dan memiliki peran dalam pengaturan secara struktural pada membran sel. Kekurangan vitamin E (Simesen *et al.*, 1982) berakibat pada berbagai macam kondisi patologis, termasuk diantaranya degenerasi otot skeletal dan otot jantung, degenerasi dan kerusakan pembuluh trombotik, parakeratosis pada lambung, bisul (*ulcer*), anemia, nekrosis pada hati, perubahan warna kuning pada lemak jaringan, dan kematian mendadak. Selain itu, kekurangan vitamin E mungkin sebagai sebab penyakit *mastitis-metritis-agalactia* (MMA) kompleks pada induk babi (Whitehair *et al.*, 1984).

Penelitian terbaru (Mahan, 1994; Wuryastuti *et al.*, 1993), menunjukkan bahwa tingkat vitamin E 44 sampai 60 mg/kg selama masa kebuntingan dan laktasi mungkin diperlukan untuk memaksimalkan litter size dan imunocompetency. Sebagai hasil dari berbagai penelitian, bahwa pemberian vitamin E untuk kebuntingan dan menyusui ditingkatkan menjadi 44 IU/kg pakan. Toksisitas vitamin E belum pernah diperlihatkan pada babi. Tingkat vitamin E setinggi 550 mg/kg pakan telah diberikan babi yang bertumbuh ternyata tidak menampakkan efek toksik (Bonnette *et al.*, 1990).

Vitamin K

Vitamin K (*phylloquinone*) adalah yang terakhir dari empat vitamin yang larut dalam lemak yang sangat penting untuk diketahui. Peran metabolik vitamin K telah ditemukan secara jelas dibandingkan dengan vitamin A, D, dan E (Suttie, 1980; Kormann dan Weiser, 1984). Vitamin K adalah penting untuk sintesis protrombin, faktor VII, faktor IX, dan faktor X, yang diperlukan untuk pembekuan darah normal. Protein (protrombin) ini disintesis di dalam hati sebagai prekursor (tidak aktif). Prekursor vitamin K harus diubah menjadi senyawa aktif secara biologis (Suttie dan Jackson, 1977; Suttie, 1980). Aktivasi prekursor vitamin K secara enzimatik oleh γ -karboksilasi dari residu glutamat spesifik. Karboksilasi residu glutamat menghasilkan *chelator* kuat ion kalsium, yang sangat penting dan diperlukan pada proses pembekuan darah. Kekurangan vitamin K dapat mengakibatkan berkurangnya aktivitas dan waktu perdarahan lebih lama. Vitamin K terdapat dalam tiga bentuk: (1) *phylloquinone* (K1) pada tanaman; (2) *menaquinone* (K2), yang dihasilkan oleh fermentasi mikroba; dan (3) *menadione* (K3), merupakan senyawa sintetik. *Menadione* (*2-methyl-1,4-naphthoquinone*) merupakan bentuk sintetik vitamin K, yang memiliki struktur siklik yang sama seperti vitamin K1 dan K2. Ketiga bentuk vitamin K tersebut merupakan senyawa aktif secara biologis. Bahkan, sejumlah besar senyawa *menadione* pun dapat ditoleransi dengan baik oleh hewan.

Bentuk terlarut dalam air, *menadione* dapat diberikan sebagai suplementasi pada pakan babi; seperti *menadione sodium bisulfit* (MSB) dan *menadione dimethylpyrimidinol bisulfit* (MPB). Suplementasi 2 mg menadione per kg pakan (Fritschen *et al.*, 1971) sudah cukup untuk dapat mencegah perdarahan (*hemorrhagic syndrome*) pada babi yang digembalakan. Di beberapa penelitian

menunjukkan bahwa toleransi hewan terhadap *menadione* sangat tinggi, sehingga tidak mengkhawatirkan bila terjadi kelebihan tingkat *menadione* dalam pakan.

5.2. Vitamin Larut Dalam Air

Biotin

Biotin penting secara metabolisme sebagai kofaktor beberapa enzim yang berfungsi dalam fiksasi karbon dioksida. Sebagai bagian dari piruvat karboksilase dan propionil CoA karboksilase; enzim tersebut penting dalam proses glukoneogenesis dan dalam siklus asam sitrat. *Acetyl CoA carboxylase* juga merupakan enzim yang bergantung pada biotin yang berfungsi dalam memulai biosintesis asam lemak. Bentuk vitamin dari biotin adalah D-isomer yang bersifat aktif secara biologis. Biotin terdapat dalam bahan pakan biji-bijian sereal (jagung, bungkil kedelai, barley, gandum sorghum) dalam jumlah yang cukup, namun bioavailabilitasnya sangat bervariasi di antara bahan-bahan tersebut (Kopinski *et al.*, 1989). Suplementasi biotin dengan interval 110-880 µg/kg pakan (Buntington and Veum, 1986) pada babi tidak mempengaruhi performa atau penambahan berat badan pada babi selama 21-28 hari setelah disapih atau pada babi sedang bertumbuh ataupun pada babi pada fase akhir.

Tanda-tanda kekurangan biotin meliputi kerontokan rambut yang berlebihan, kulit ulserasi dan dermatitis, eksudat di sekitar mata, pembengkakan selaput lendir mulut, retak melintang pada kuku, dan perdarahan pada telapak kaki (Lehrer *et al.*, 1952). Kekurangan biotin dapat terjadi pada babi yang diberi pakan sintetis mengandung obat sulfa, hal ini sangat memungkinkan dapat mengurangi sintesis biotin di dalam saluran usus (Lehrer *et al.*, 1952). Penggabungan putih telur yang

dikeringkan dalam jumlah besar dalam pakan sintetis juga telah mempercepat kekurangan biotin pada babi (Buntington *et al.*, 1983). Avidin, merupakan senyawa anti biotin terdapat dalam putih telur; senyawa ini akan membentuk kompleks dengan biotin di saluran usus. Bila terjadi senyawa kompleks avidin dengan biotin, maka biotin tidak tersedia untuk babi.

Kolin

Senyawa yang satu ini masih tetap berada dalam kategori sebagai vitamin B, walaupun kuantitas yang dibutuhkan jauh melebihi "*trace organic nutrient*" yang tergolong ke dalam vitamin. Hal ini umumnya ditambahkan ke dalam babi dalam bentuk kolin klorida (*choline chloride*), yang mengandung kolin sebanyak 74,6 persen (Emmert *et al.*, 1996). Kolin diperlukan untuk (a) sintesis fosfolipid (yaitu lecithin), (b) formasi asetil kolin, dan (c) transmetilasi homosistein menjadi metionin. Pakan yang terbuat dari tepung biji-bijian mengandung cukup banyak kolin, sehingga betain atau kolin sama fungsinya untuk memenuhi fungsi metilasi kolin (Lowry *et al.*, 1987).

Kebutuhan kolin pada babi fase *starter* sampai *finisher* tidak dicantumkan dalam tabel kebutuhan vitamin menurut rekomendasi Nutrition Guide (2010), akan tetapi pada babi induk dan pejantan masing-masing diperlukan 250 mg per kg pakan. Menurut NRC (1998, 2012), kebutuhan kolin sebesar 0,30 mg/kg pakan pada babi *starter*; 0,56 dan 0,77 mg/kg pakan masing-masing pada babi *grower-1* dan *grower-2*; 0,92 mg/kg pakan pada babi *finisher*; 1,3 mg/kg pakan masing-masing pada babi bunting dan pejantan aktif.

Defisiensi kolin menyebabkan babi pertambahan berat badan menjadi turun, mantel rambut menjadi kasar, penurunan jumlah sel darah merah, penurunan hematokrit, penurunan konsentrasi hemoglobin, peningkatan alkali dalam plasma fosfatase, kehilangan keseimbangan, serta pada hati dan ginjal menunjukkan infiltrasi terhadap lemak. Pada kasus defisiensi berat terhadap kolin, akan menyebabkan glomeruli ginjal bisa tersumbat sehingga terjadi infiltrasi lemak (Russett *et al.*, 1979b). Keadaan sebaliknya, telah dilaporkan bahwa tidak terdapat tanda-tanda toksisitas kolin pada babi NRC, 1998). Namun, Southern *et al.* (1986) telah mengamati pada babi yang diberi pakan yang mengandung 2.000 ekor mg/kg kolin menyebabkan terjadinya penurunan terhadap tambahan pertambahan berat badan harian selama fase awal, pertumbuhan, dan fase akhir.

Asam Folat

Folacin (folasin) termasuk sekelompok senyawa dengan asam folat (*folic acid*). Secara kimia, folacin terdiri atas cincin *pteridine*, *paraaminobenzoic acid* (PABA), dan asam glutamat. Sel hewan tidak bisa mensintesis PABA, juga tidak bisa mengubah asam glutamat menjadi asam pterolat. Kekurangan folacin menyebabkan gangguan dalam metabolisme senyawa karbon tunggal, termasuk sintesis kelompok metil, serin, purin, dan timin. *Folacin* terlibat dalam proses konversi serin menjadi glisin dan homosistein menjadi metionin. Kontribusi *folacin* (Lindemann dan Kornegay, 1986; 1989) yang bersumber pada bahan pakan yang diberikan kepada babi dan dikombinasikan dengan sintesis *folacin* oleh bakteri di dalam saluran pencernaan sudah cukup untuk memenuhi kebutuhan semua kelas babi.

Berdasarkan studi terbaru, kebutuhan *folacin* untuk induk bunting dan induk laktasi sekitar 1,3 mg/kg pakan. Kekurangan *folacin* pada babi menyebabkan melambatnya kenaikan berat badan, warna rambut/bulu menjadi pudar, anemia makrositik atau normositik, leukopenia, trombopenia, hematokrit berkurang, dan terjadi hiperplasia pada sumsum tulang babi. Babi yang diberi pakan berbasis bungkil kedelai-jagung yang ditambah dengan 200 atau 360 mg asam folat/kg pakan selama fase awal, fase pertumbuhan, dan fase akhir menyebabkan meningkatkan bertambah berat badan dan efisiensi penggunaan pakan (Easter *et al.*, 1983; Gannon and Liebholz, 1989).

Niasin

Niasin (*Niacin*) atau asam nikotinat adalah komponen koenzim nicotinamide-adenine dinucleotide (NAD) dan nicotinamide-adenin dinucleotide phosphate (NADP). Keduanya merupakan koenzim yang sangat penting untuk metabolisme karbohidrat, protein, dan lipid. Aktivitas niasin tersedia secara komersial sebagai asam nikotinat bebas atau nikotinamida bebas (niacinamide). Relatif terhadap asam nikotinat, manfaat biologis nikotinamid 124 persen untuk anak ayam (Oduho dan Baker, 1993) dan 109 persen untuk tikus (Carter dan Carpenter, 1982). Firth dan Johnson (1956) memperkirakan niasin yang cukup untuk babi dengan berat badan 1 - 8 kg sekitar 20 mg/kg pakan tanpa triptofan yang berlebih. Perkiraan kebutuhan untuk babi pertumbuhan dengan berat 10 sampai 50 kg sebanyak 10 sampai 15 mg niasin/kg untuk pakan yang mengandung kadar triptofan yang mendekati standar kebutuhan (Harmon *et al.*, 1969). Pada pakan babi fase *grower-finisher* komersial biasanya diperkaya dengan niasin, namun penelitian menggunakan babi dengan berat

badan 45 kg yang diberi asupan pakan tepung jagung-kedelai tidak menunjukkan perbaikan kinerja karena suplementasi niasin (Yen *et al.*, 1978; Copelin *et al.*, 1980).

Asam Pantotenat

Asam pantotenat (*pantotenic acid*) terdiri atas asam pantoat yang tergabung dengan b-alanine dengan ikatan amida. Sebagai komponen koenzim A, asam pantotenat penting dalam katabolisme dan sintesis selama proses metabolisme karbohidrat dan metabolisme lemak terjadi. Ketersediaan asam pantotenat secara biologis pada jelai, gandum, dan sorghum dalam kategori rendah, tapi pada jagung dan bungkil kedelai dalam kategori tinggi (Southern dan Baker, 1981). Dalam bahan pakan, sebagian besar asam pantotenat terdapat sebagai koenzim A, asil CoA sintetase, dan sebagai *acyl carrier protein*. Hanya D-isomer asam pantotenat yang aktif secara biologis. Asam pantotenat sintetis umumnya ditambahkan ke dalam semua pakan babi; seperti kalsium pantotenat, merupakan garam yang lebih stabil daripada asam pantotenat. Kalsium pantotenat bentuk D-isomer memiliki aktivitas 92 persen; campuran rasemat dari garam kalsium hanya mengandung 46 persen asam pantotenat aktif. Senyawa kompleks DL-calcium pantotenat-kalsium klorida juga dapat digunakan, dan memiliki aktivitas 32 persen. Kebutuhan asam pantotenat pada babi dengan berat badan 2 sampai 10 kg yang diberi pakan sintetis adalah 15,0 mg/kg. (Stothers *et al.*, 1955); dan untuk babi 5- sampai 50 kg, perkiraan kebutuhannya sekitar 4,0 sampai 9,0 mg/kg pakan (Palm *et al.*, 1968). Perkiraan kebutuhan untuk babi dengan berat antara 20 dan 90 kg memiliki bervariasi dari 6,0 sampai 10,5 mg asam pantotenat/kg pakan (Roth-Maier dan Kirchgessner, 1977). Davey dan

Stevenson (1963) memperkirakan kebutuhan asam pantotenat untuk reproduksi optimal sebesar 12,0 sampai 12,5 mg/kg pakan.

Tanda-tanda defisiensi asam pantotenat termasuk pertumbuhan yang lambat, anoreksia, diare, kulit kering, mantel rambut kasar, alopesia, berkurangnya respon imun, dan gerakan abnormal pada kaki belakang (Harmon *et al.*, 1963). Temuan postmortem pada babi dengan kekurangan asam pantotenat meliputi edema dan nekrosis pada mukosa usus, peningkatan invasi jaringan ikat submukosa, kehilangan myelin saraf, dan degenerasi akar dorsal sel ganglion (Follis dan Wintrobe, 1946).

Riboflavin

Riboflavin merupakan komponen dua koenzim, flavin mononukleotida (FMN) dan flavin adenin dinukleotida (FAD); riboflavin penting dalam metabolisme protein, lemak, dan karbohidrat. Pada bahan pakan, sebagian besar aktivitas riboflavin terkandung sebagai FAD. Kebutuhan riboflavin bervariasi antara 1,8 sampai 3,1 mg/kg pakan ketika diet praktis diberi makan (Miller and Ellis, 1951). Seymour *et al.* (1968) melaporkan tidak terdapat konsisten interaksi antara tingkat riboflavin dan lingkungan suhu terhadap babi dengan berat badan 5 - 17 kg. Kebutuhan riboflavin (NRC, 1998, 2012) babi sejumlah 3,0 mg pada fase *starter*; 2,0-2,5 mg pada fase *grower*; 2,0 pada fase *finisher*; serta 3,75 mg/kg pakan pada induk bunting, induk menyusui dan pejantan aktif.

Kekurangan riboflavin telah menyebabkan anestrus (Esch *et al.*, 1981) dan kegagalan reproduksi pada induk muda (Frank *et al.*, 1984). Tanda-tanda kekurangan riboflavin pada babi muda termasuk pertumbuhan lambat, katarak, kekakuan gaya berjalan, *seborrhea* (pelepasan *sebum* yang berlebihan dari kelenjar sebaceous),

muntah, dan *alopecia* (sebagian atau seluruhnya dari area tubuh tidak adanya rambut dimana biasanya tumbuh, kebotakan) (Miller *et al.*, 1954). Pada keadaan defisiensi riboflavin yang parah, para periset mengamati bahwa telah terjadi peningkatan granulosit neutrofil darah, menurunnya respon imun, berkurangnya warna hati dan jaringan ginjal, hati berlemak, kolaps folikel, degenerasi indung telur (*ovum*), dan degenerasi *myelin* dari *nervus sciatic* dan *brachial* (Harmon *et al.*, 1963).

Thiamin

Tiamin (*thiamin*) sangat penting dalam proses metabolisme karbohidrat dan protein. Koenzim thiamin pirofosfat sangat penting dalam dekarboksilasi oksidatif dari asam a-keto. Thiamin sangat labil, walau demikian, kelebihan panas pada otoklaf dapat mengurangi kandungan tiamin pada pakan. Miller *et al.* (1955) memperkirakan kebutuhan thiamin 1,5 mg/kg pakan untuk babi dengan berat badan sekitar 2 kg sampai sekitar 10 kg. Babi disapih di 3 minggu dan diberi pakan sampai berat badannya sekitar 40 kg dibutuhkan sekitar 1,0 mg thiamin/kg pakan (Madsen, 1944). Berat badan bertambah dengan adanya kenaikan level thiamin menjadi 1,1 mg/kg pakan, sedangkan feed intake dimaksimalkan sehingga diperlukan 0,85 mg/kg pakan pada babi dengan berat badan sekitar 30 kg diberi pakan sampai berat badannya 90 kg. NRC (1998,2012) merekomendari pemberian tiamin pada babi *starter* 1,00 mg, pada babi *grower* 1,86-2,58 mg dan pada babi *finisher* 3,08 mg/kg pakan.

Babi yang kekurangan tiamin menunjukkan kehilangan nafsu makan; menurunnya kenaikan berat badan, suhu tubuh, dan denyut jantung; dan kadang-kadang muntah. Efek lainnya diamati pada kekurangan tiamin adalah hipertrofi pada

jantung, jantung menjadi lembek, degenerasi miokardium, dan kematian mendadak karena gagal jantung. Hewan yang kekurangan thiamin juga memiliki plasma piruvat dengan konsentrasi tinggi (Miller *et al*, 1955). Sebagian besar biji-bijian sereal yang digunakan dalam pakan babi kaya thiamin. Pakan yang berasal dari biji-bijian dianggap cukup mengandung vitamin B ini, sehingga sangat baik diberikan kepada semua kelas babi. Tiamin pada umumnya tidak dimasukkan sebagai suplemen untuk pakan babi.

Vitamin B6

Vitamin B₆ (piridoksin, *pyridoxine*) terdapat pada bahan pakan seperti piridoksin, piridoksal, piridoksamin, dan piridoksal fosfat. Piridoksal fosfat merupakan kofaktor penting bagi kebanyakan sistem enzim asam-asam amino, termasuk transaminase, dekarboksilase, dehidratase, sintetase, dan racemase. Vitamin B₆ berperan penting dalam fungsi sistem saraf pusat. Vitamin B₆ terlibat dalam proses dekarboksilasi turunan asam amino untuk sintesis neurotransmitter dan neuroinhibitor. Ritchie *et al.* (1960) melaporkan tidak terdapat perbedaan kinerja reproduksi atau laktasi pada induk muda (*gilt*) dan induk (*sow*) yang diberi pakan yang mengandung *piroksidine* total 1,0 atau 10,0 mg/kg dari bulan kedua kebuntingan sampai hari ke 35 masa menyusui. Kekurangan vitamin B₆ akan mengurangi nafsu makan dan tingkat pertumbuhan, sedangkan kekurangan tingkat lanjut akan menyebabkan terjadinya perkembangan eksudat seputar mata, kejang, ataksia, koma, dan kematian. Sampel darah dari babi yang defisiensi vitamin B₆ menunjukkan berkurangnya hemoglobin, sel darah merah, dan jumlah limfosit; sedangkan serum besi dan gamma globulin meningkat. Karakteristik kekurangan

vitamin B₆ menyebabkan infiltrasi lemak hati (Harmon *et al.*, 1963). Suplementasi pada pakan yang berbasis biji-bijian-bungkil kedelai dengan vitamin B₆ pada umumnya tidak penting, karena tingkat ketersediaan vitamin B₆ pada bahan pakan akan memenuhi kebutuhan babi.

Vitamin B₁₂

Vitamin B₁₂, atau (sianokobalamin, *cyanocobalamin*) mengandung unsur mikro kobal (Co) dalam molekulnya; yang merupakan fitur unik di antara vitamin-vitamin. Senyawa-senyawa lain yang bertalian struktur dengan yang mempunyai aktivitas vitamin B₁₂ termasuk ke dalamnya *hydroxocobalamin*, *nitritocobalamin*, dan *thiocyanatecobalamin*. Berlainan dari vitamin-vitamin lainnya, tanaman tingkat tinggi tidak dapat mensintesis vitamin B₁₂, namun dapat disintesis oleh mikroba.

Babi yang kekurangan vitamin B₁₂ mengalami penambahan berat badan berkurang, kehilangan nafsu makan, kulit dan mantel rambut kasar, temperamental, hipersensitivitas, dan inkoordinasi kaki belakang. Sampel darah dari babi yang kekurangan vitamin B₁₂ mengindikasikan anemia normositik, neutrofil tinggi dan jumlah limfosit rendah (Catron *et al.*, 1952). Kekurangan asam folat dan vitamin B₁₂ telah menyebabkan anemia dan sumsum tulang mengalami *macrocytichiperplasia*, keduanya memiliki beberapa kesamaan karakteristik untuk anemia pernisiiosa pada manusia (Cartwright *et al.*, 1952). Tanda-tanda kekurangan folasin pada umumnya disertai kekurangan vitamin B₁₂, karena vitamin B₁₂ dibutuhkan untuk metabolisme folat. Kekurangan baik folasin atau vitamin B₁₂ dapat mencegah transfer kelompok metil dalam sintesis timidin.

Sumber bahan pakan yang kaya vitamin B₁₂ adalah tepung ikan termasuk hasil ikutan fauna marin, tepung daging dan hasil ikutan hewan lainnya, susu wei dan hasil ikutan penetasan telur; sumber suplementasi adalah kobalamin yang dihasilkan oleh mikroorganisme dan rag.

Vitamin C

Vitamin C (asam askorbat, ***ascorbic acid***) adalah antioksidan yang larut dalam air yang terlibat dalam oksidasi asam amino aromatik, sintesis norepinephrine dan carnitine, dan pada reduksi besi feritin seluler untuk transportasi ke cairan tubuh. Asam askorbat juga penting untuk hidroksilasi prolin dan lisin, yang merupakan unsur integral kolagen. Kolagen sangat penting untuk pertumbuhan tulang rawan dan tulang. Vitamin C meningkatkan pembentukan kedua matriks tulang dan dentin gigi.

Pada kasus kekurangan vitamin C, terjadi perdarahan *petechial* terjadi di seluruh tubuh. Sumber pakan dari vitamin C sangat penting untuk primata dan kelinci percobaan; tapi hewan ternak, termasuk babi bisa mensintesis vitamin ini dari D-glukosa dan beberapa senyawa terkait lainnya (Brown dan King, 1977). Nakano et al. (1983) telah meneliti peran vitamin C dalam pencegahan atau pengentasan *osteochondrosis* pada babi. Penulis ini mendalilkan bahwa *osteochondrosis* mungkin terkait dengan cross-linking kolagen yang tidak mencukupi karena berkurangnya hidroksilasi lisine. Suplementasi pakan dengan vitamin C, ternyata tidak efektif untuk mencegah penyakit ini. Saat ini, suplementasi vitamin C dalam pakan tidak diperlukan, karena penelitian-penelitian pada babi tidak menunjukkan adanya manfaat.

VI. AIR

Air merupakan salah satu kebutuhan mutlak bagi makhluk hidup, seperti halnya sama pentingnya dengan oksigen. Semua makhluk hidup hewan ataupun tumbuh-tumbuhan terdiri atas sebagian air di dalam tubuhnya. Proses-proses metabolisme di dalam tubuh makhluk hidup memerlukan air, sehingga air merupakan kebutuhan esensial bagi makhluk hidup termasuk ternak. Meski air merupakan nutrisi penting, terdapat sedikit sekali penelitian yang dilakukan terhadap kebutuhan air pada babi. Menurut Brooks (1994), di masa depan, penekanan penelitian lebih banyak diarahkan pada kebutuhan air untuk ternak babi, karena di beberapa daerah di dunia, air menjadi komoditas yang semakin langka, sedangkan di sisi lain, pemakaian air berlebih dan telah menyebabkan masalah dengan pembuangan limbah cair.

6.1. Fungsi Air

Air memenuhi sejumlah fungsi fisiologis yang diperlukan untuk hidup (Roubicek, 1969). Air adalah elemen struktural utama yang memberi bentuk kepada tubuh melalui *turgidity* sel, dan air memainkan peran penting dalam pengaturan suhu tubuh dengan cara menguapkan air berupa keringat melalui kulit. Panas spesifik tinggi pada air, membuatnya sangat diperlukan untuk pendispersi kelebihan panas yang dihasilkan selama berbagai proses metabolisme. Sekitar 580 kalori panas dilepaskan saat 1 g air mengalami perubahan dari fase cairan ke fase uap (Thulin dan Brumm, 1991). Air penting dalam pergerakan nutrisi ke sel-sel jaringan tubuh dan sebaliknya untuk pembuangan limbah produk dari sel itu sendiri. Konstanta dielektrik air yang tinggi memberinya kemampuan untuk melarutkan berbagai

macam zat dan alat transportasi nutrien ke seluruh tubuh melalui sistem sirkulasi. Selain itu, air memainkan peran secara virtual setiap reaksi kimia yang terjadi dalam tubuh, seperti oksidasi karbohidrat, lemak, dan protein semuanya menghasilkan air. Akhirnya, air penting dalam pelumasan sendi (yaitu cairan sinovial) dan dalam memberikan perlindungan bantalan untuk sistem saraf (cairan *serebral-spinal*). Kandungan air babi bervariasi sesuai usianya. Pada babi *neo-natal* (Shields *et al.*, 1983) dengan berat badan 1,5 kg terkandung air sebanyak 82 persen dari berat tubuh kosong (berat badan dikurangi kandungan air saluran pencernaan) dan berkurang menjadi 53 persen pada babi berat pasar 90 kg. Perubahan ini berhubungan dengan faktor usia, terutama karena kandungan lemak babi meningkat seiring bertambahnya usia dan jaringan adiposa kandungan airnya yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan otot (Georgievskii, 1982).

6.2. Air Turnover

Babi memperoleh air dari tiga sumber: 1) air yang dikonsumsi; 2) air yang merupakan komponen bahan pakan (biasanya sekitar 10 sampai 12 persen pakan kering udara); dan 3) Air metabolik yang berasal dari pemecahan karbohidrat, lemak, dan protein. Oksidasi 1 kg lemak, karbohidrat, atau protein berturut-turut menghasilkan 1.190, 560, dan 450 g air (National Research Council, 1981). Menurut Yang *et al.* (1984), setiap 1 kg pakan kering udara yang dikonsumsi akan menghasilkan antara 0,38 dan 0,48 kg (atau L) air metabolik.

Air yang hilang dari tubuh dengan empat jalur: (1) paru-paru (respirasi), (2) kulit (evaporasi), (3) usus (buang air besar), dan (4) ginjal (buang air kencing). Kelembaban akan terus hilang dari saluran pernapasan selama proses pernapasan

normal dan kelembaban maksimal berakhir pada kelembaban sekitar 90 persen (Roubicek, 1969). Babi yang tinggal di lingkungan suhu netral (20° C), kehilangan air melalui pernapasan diperkirakan mencapai 0,29 dan 0,58 L untuk babi dengan berat badan masing-masing 20 dan 60 kg (Holmes dan Mount, 1967). Tingkat kerugiannya akan dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban relatif; kehilangan air meningkat dengan adanya kenaikan suhu dan kehilangan air menurun dengan meningkatnya kelembaban udara. Banyak faktor, termasuk faktor lingkungan, yang mengatur kebutuhan air babi (National Research Council, 1981). Jumlah air dalam tubuh babi pada umur sama relatif konstan. Karena itu, babi harus mengonsumsi air secukupnya setiap hari untuk menyeimbangkan jumlah air yang hilang. Persyaratan minimal kebutuhan air pada babi adalah untuk menyeimbangkan antara jumlah yang dibutuhkan dengan kehilangan air, menghasilkan susu, dan membentuk jaringan baru selama periode pertumbuhan atau kebuntingan.

6.3. Kebutuhan Air Pada Babi

Babi Menyusu

Asumsi yang umum adalah bahwa pada babi menyusu (*suckling pigs*) tidak minum air dan benar-benar dapat memenuhi kebutuhan airnya dengan minum air susu induknya, karena air susu induk mengandung sekitar 80 persen air. Namun demikian, babi menyusu sebenarnya minum air dalam 1 atau 2 hari setelah kelahiran (Aumaitre, 1964). Selain itu, karena susu adalah merupakan pakan berprotein tinggi, pakan bernilai mineral tinggi, konsumsinya bisa menyebabkan ekskresi urin meningkat, yang mungkin akan menyebabkan defisit air pada anak babi tersebut (Lloyd *et al.*, 1978). Kesehatan babi merupakan faktor yang mempengaruhi asupan

air. Babi yang mengalami diare mengonsumsi air 15 persen lebih sedikit daripada babi sehat (Baranyiova dan Holub, 1993). Mungkin juga menjadi bahan pemikiran bahwa kenaikan suhu lingkungan juga akan menaikkan konsumsi air, karena untuk menyeimbangkan antara konsumsi dengan kehilangan air melalui pernapasan untuk menjaga kestabilan suhu tubuhnya. Hal ini mungkin saja bisa terjadi pada babi menyusu ataupun babi dewasa.

Babi Lepas Sapih

Gill *et al.* (1986) telah mengukur asupan air pada babi yang telah disapih berumur 3 sampai 6 minggu. Asupan air harian selama minggu pertama, kedua, dan ketiga setelah menyapih rata-rata 0,49, 0,89, dan 1,46 L per babi. Hubungan antara konsumsi pakan dan konsumsi air dijelaskan oleh Brooks *et al.* (1984) dengan menggunakan persamaan berikut:

$$A_{\text{air}} \text{ (L/hari)} = 0.149 + (3.053 \times A_{\text{pakan}} \text{ kg/hari}) \dots\dots\dots (6.1.)$$

A_{air} : asupan air (L/hari); *A_{pakan}*: asupan pakan (kg/hari)

Nienaber dan Hahn (1984) mempelajari efek pembatasan aliran air pada kinerja babi lepas sapih. Hasil menunjukkan bahwa pembatasan pemberian air pengaruhnya sedikit terhadap pertumbuhan ketika laju alirnya bervariasi antara 0,1 dan 1,1 L/menit. Namun, penggunaan air secara signifikan lebih tinggi dengan laju alir yang lebih cepat, hal tersebut disebabkan oleh meningkatnya pemborosan air.

Babi Grower-Finisher

Untuk babi yang sedang tumbuh, hendaknya tempat air minum disediakan dekat dengan tempat pakan (*feed dispenser*); penyediaan air demikian biasanya

disediakan untuk sistem pakan kering. Laju digesta (gram per jam) atau pengosongan air dari dalam lambung ke usus halus meningkat saat asupan air meningkat pula (Low *et al.*, 1985). Proses ini yang mengatur kandungan bahan kering dari digesta lambung, terutama pada saat-saat 1 jam pertama setelah babi makan. Faktor-faktor seperti asupan pakan, bahan yang terkandung di dalam pakan, suhu lingkungan dan kelembaban, keadaan kesehatan, dan tingkat stres mempengaruhi kebutuhan air pada babi. Konsumsi air umumnya memiliki hubungan positif dengan asupan pakan dan berat badan. Untuk babi dengan berat badan antara 20 dan 90 kg kira-kira mengonsumsi sekitar 2 kg air untuk setiap kg pakan. Konsumsi air pada babi yang diberi pakan *ad libitum* akan mengonsumsi 2,5 kg air untuk setiap kg pakan, sementara telah dilaporkan, babi yang menerima jumlah pakan terbatas mengonsumsi 3,7 kg air per kg pakan (Cumby, 1986). Perbedaan antara konsumsi pakan *ad libitum* dan konsumsi pakan terbatas pada babi mungkin karena kecenderungan babi untuk mengisi sendiri dengan air jika nafsu makan mereka tidak terpenuhi oleh pakan. Suhu air itu sendiri akan mempengaruhi asupan pakan, karena diperlukan tambahan energi untuk menghangatkan cairan yang dikonsumsi pada suhu di bawah tubuh. Di Australia Studi, babi dipelihara dari berat badan 45 sampai 90 kg; baik di ruangan yang sejuk dimana suhu dijaga pada suhu konstan 22° C atau di ruangan yang panas dimana suhu bergantian dari 35 sampai 24° C setiap 12 jam (Vajrabukka *et al.*, 1981). Babi yang disimpan di ruang sejuk minum 3,3 L setiap hari bila air didinginkan sampai suhu 11° C, dibandingkan dengan minum 4,0 L saat air dihangatkan sampai 30° C. Sangat berbeda, pada babi yang dipelihara di dalam ruangan panas akan minum sebanyak 10,5 L air yang didinginkan pada suhu 11° C; dan minum sebanyak 6,6 L air yang dihangatkan pada 30° C .

Pada sistem pemberian pakan basah, perbandingan air : pakan mulai dari 1,5: 1 sampai 3,0: 1 sepertinya tidak banyak berpengaruh pada kinerja atau kualitas karkas babi yang sedang bertumbuh (Holme dan Robinson, 1965). Namun, babi yang diberi pakan dengan sistem pemberian pakan basah harus diberi akses tambahan ke sumber air bersih untuk memastikan asupan air memadai jika terjadi perubahan suhu kandang secara mendadak atau perubahan komposisi pakan yang tidak diharapkan (misalnya kadar garam atau protein tinggi).

Induk Bunting

Asupan air meningkat secara proporsional pada (*gilt*) sedang bunting sesuai dengan konsumsi bahan kering pakan (Friend, 1971). Untuk, asupan pakan dan air berkurang selama estrus (Wolynetz, 1981). Induk muda yang tidak sedang bunting mengonsumsi 11,5 L air setiap hari, sedangkan induk muda pada kebuntingan lanjut mengonsumsi 20 L (Bauer, 1982).

Pembatasan konsumsi pakan atau air pada induk saat sebelum atau sesudah penyapihan sebagai usaha untuk mengurangi jeda waktu perkawinan tidak didukung oleh bukti penelitian (Knabe *et al.*, 1986). Menurut Madec (1984), gangguan kantung kemih sangat umum terjadi pada induk babi yang diakibatkan oleh asupan air yang sangat rendah.

Induk Menyusui

Pada induk menyusui membutuhkan sejumlah besar air, tidak hanya untuk mengganti 8 sampai 16 kg susu harian yang disekresikan, tapi juga untuk

menghilangkan sejumlah besar produk akhir metabolisme melalui urin. Konsumsi air sehari-hari untuk induk menyusui bervariasi dari 12 sampai 40 L/hari, dengan rata-rata 18 L/hari (Lightfoot, 1978). Jumlah ini mirip dengan pernyataan yang lainnya yang mencatat nilai asupan air induk menyusui sebanyak 20 L (Bauer, 1982), 25,1 L (Riley, 1978), dan 17,7 L (Lightfoot dan Armsby, 1984). Phillips *et al.* (1990) mengamati tidak ada perbedaan dalam mengonsumsi air antara babi betina yang diberi laju aliran air tinggi (2 L/menit) versus laju aliran air rendah (0,6 L/menit). Begitu pula dengan tinggi letak keran air minum di atas lantai (600 mm versus 300 mm) tidak mempengaruhi pola konsumsi air.

Babi Pejantan

Ada sedikit data tentang kebutuhan air dari babi pejantan (*boar*), tetapi dianjurkan agar akses secara bebas ke tempat air minum. Straub *et al.* (1976) mengamati intake air pada babi (berat badan 70 sampai 110 kg) sampai 15 L/hari pada suhu 25 ° C dibandingkan dengan sekitar 10 L/hari pada suhu 15 ° C.

6.4. Kualitas Air

Unsur dan zat bisa saja terdapat di dalam air sebagai cemaran, akan tetapi kuantitas cemaran tersebut mulai dari tingkat yang bisa ditoleransi sampai tingkat yang berbahaya bagi ternak. Air mungkin mengandung berbagai mikroorganisme, termasuk bakteri dan virus. Dari bentuknya, *salmonella*, *leptospira*, dan *escherichia coli* adalah yang paling umum ditemui (Fraser *et al.*, 1993). Di dalam air, juga bisa terdapat protozoa patogen serta telur atau kista cacing usus. Keberadaan mikroorganisme ini entah atau tidak akan merugikan; hal ini sebagian besar

tergantungan pada jenis dan konsentrasinya. The Bureau of National Affairs (1973) mengusulkan agar air digunakan untuk ternak seharusnya tidak mengandung lebih dari 5.000 coliform/100 mL. Mengenai petunjuk atau rekomendasi air yang sesuai untuk ternak disajikan pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1. Petunjuk Kualitas Air Untuk Ternak

Rincian	Rekomendasi maksimum (ppm)	
	TFWQG ¹⁾	NRC ²⁾
Ion Utama		
Kalsium (Ca ⁺⁺)	1.000	-
Nitrat-N+Nitrit-N (NO ₃ ⁻ +NO ₂ ⁻)	100	440
Nitrit-N (NO ₂ ⁻)	10	33
Sulfat (SO ₄ ⁻)	1.000	-
Logam Berat dan Trace ions		
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); ¹⁾Task Force on Water Quality Guidelines, 1987; ²⁾National Research Council, 1974.

Namun, rekomendasi ini bisa dipertimbangkan hanya sebagai panduan karena beberapa patogen mungkin berbahaya di bawah tingkat ini, sedangkan mikroorganisme lainnya yang lebih jinak dapat ditoleransi pada tingkat yang jauh

lebih tinggi. Kontaminasi bakteri biasanya lebih umum di perairan permukaan daripada di persediaan bawah tanah seperti air sumur dalam dan artesis.

Total dissolved solids (TDS) adalah total kandungan bahan-bahan anorganik dalam sampel air. Kalsium, magnesium, dan sodium dalam bikarbonat, klor atau sulfat secara bersama-sama ditemukan pada air dengan TDS tinggi (Thulin and Brumm, 1991). Air yang mengandung >6.000 ppm TDS mungkin menyebabkan mencret sementara dan meningkatkan konsumsi air harian, akan tetapi tidak begitu berpengaruh terhadap kesehatan dan performa babi. Mineral-mineral berbahaya biasanya banyak ditemukan pada konsentrasi tinggi di dalam air berkualitas rendah.

Kekerasan air bisa diperbaiki dengan pelembut air. Hal tersebut merupakan cara yang paling umum dengan unit pertukaran ion, dimana natrium menggantikan kalsium dan magnesium di dalam air. Dengan cara demikian dapat mengurangi kekerasan air, namun tidak berpengaruh secara keseluruhan terhadap *total dissolved solids* (TDS). Air dengan TDS <1.000 ppm yang paling aman diberikan kepada ternak babi karena tidak ada resiko terhadap kesehatannya.

VII. FEED ADDITIVE

Feed additive adalah senyawa yang ditambahkan ke dalam pakan ternak (dalam hal ini pakan babi) dengan tujuan untuk meningkatkan kinerja atau nperforma ternak (babi). Pembicaraan masalah *feed additive* berfokus pada senyawa yang memberikan nilai tambah terhadap nutrisi secara langsung pada pakan; dan meningkatkan kinerja ternak akibat dari mengonsumsi pakan tersebut. Bahan-bahan yang diklasifikasikan sebagai *feed additive* termasuk: (1) agen antibakteri, (2) senyawa antiparasit, (3) pengubah metabolik, (4) probiotik/prebiotik, (5) *acidifiers*, (6) enzim, dan (7) tumbuhan. Dari klasifikasi ini, pengubah metabolik, antibakteri, dan agen antiparasit adalah bahan-bahan yang sangat penting ditambahkan ke dalam pakan babi saat ini (McKean, 2007). Beberapa telah digunakan secara meluas dalam dunia usaha peternakan dan berhasil dalam meningkatkan produksi ternak babi selama beberapa dekade terakhir. Sebelumnya, menurut Whiteker *et al.* (1977) menyatakan bahwa pemakaian *feed additive* secara meluas di Amerika Serikat telah dimulai sekitar tahun 1950an. Penggunaan zat-zat aditif oleh kebanyakan peternak babi karena dapat meningkatkan pertumbuhan, memperbaiki penggunaan pakan, menurunkan *mortality* (kematian) dan *morbidity* (morbiditas, sakit) dari kasus-kasus infeksi klinis dan subklinis. Secara umum, aditif untuk babi diklasifikasikan kedalam tiga kelas: (1) antibiotik, (2) obat-obatan (*chemotherapeutics*), dan (3) anti cacing (*anthelmintics, dewormer*). Menurut Richert (2007) terdapat banyak kelas aditif pakan, ke dalamnya termasuk: (1) antibiotik dan antimikroba, (2) *anthelmintics*, (3) probiotik, (4) prebiotik, (5) pengikat pelet, (6) zat perasa, (7) enzim, (8) peningkat efisiensi pertumbuhan, (9) nutrisi tambahan, (10) penghambat

jamur dan bahan pengawet, dan (11) *beta-adrenergic agonist* (*ractopamine*, raktopamin).

Dalam dunia perdagangan *feed additive* di masing-masing negara telah diatur dalam satu peraturan oleh kementerian yang berwenang. Pengawasan penggunaan aditif pada ternak hendaknya dilakukan dengan ketat. Para produser *feed additive* harus mencantumkan persyaratan penggunaan dan spesifikasi aditif yang dipasarkan dan akan beredar dipasaran. Kalau terjadi kesalahan dalam penggunaan aditif, maka banyak hal yang akan dirugikan, misalnya kuman akan menjadi kebal terhadap obat-obatan tertentu.

7.1. Antibiotika

Penambahan antibiotika tertentu ke dalam pakan sebagai *growth promotor* dapat meningkatkan pertumbuhan babi. Antibiotika disintesis oleh jasad hidup (bakteri, jamur) untuk menghambat pertumbuhan atau membunuh jenis yang lainnya (Whiteker *et al.*,1977). Antibiotika merupakan obat-obatan yang ditambahkan ke dalam pakan babi untuk memperbaiki kesehatan dan meningkatkan kinerja pertumbuhan (McKean, 2007). Pemberian antibiotika sebagai *growth promotor* pada babi dapat meningkatkan berat badan sekitar 16,4% pada anak babi, 10,6% pada babi sedang bertumbuh, dan 4,2% pada babi fase akhir (Richert, 2007). Beberapa jenis antibiotika, level dalam pakan serta periode pengentian diberikan pada babi disajikan pada Tabel 7.1.

Ada dua masalah utama yang akan muncul apabila memberikan antibiotika pada ternak: (1) residu antibiotika yang tersisa di jaringan hewan karena pemotongan yang tidak memperhatikan periode pengentian, dapat masuk dan mencemari pakan

manusia; (2) mikroorganisme terkadang mengalami resistensi terhadap antibiotik, pada akhirnya membuat antibiotika kurang efektif diberikan pada babi (Whiteker *et al*, 1977; Richert, 2007). Berikut ini disajikan nama-nama antibiotika dan periode penghentian sebelum ternak dipotong (Tabel 7.1. dan Tabel 7.2.).

Pemerintah Republik Indonesia telah mengeluarkan Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 14/Permentan/Pk.350/5/2017 Tentang Klasifikasi Obat Hewan. Secara garis besar dalam peraturan menteri tersebut disebutkan bahwa pelarangan penggunaan beberapa obat-obatan dan hormon untuk aditif dalam pakan ternak. Sangat dikhawatirkan adanya residu dalam produk peternakan sebagai akibat dari pemakaian obat-obatan tersebut secara berlebihan.

Tabel 7.1. Nama-Nama Antibiotika, Level dan Periode Penghentian Pada Pakan Babi

No.	Nama Antibiotika	Level (g/ton)	Periode penghentian sebelum dipotong
1.	Bacitracin	10-50	none
2.	Bacitracin, MD	10-50	none
3.	Bacitracin, Zink	10-50	none
4.	Bambermycin	2	none
5.	Chlortetracycline	10-50	none
6.	Erytromycin	10-70	none
7.	Oleandomycin	5-11,25	none
8.	Oxytetracycline	7,5-50	none
9.	Penicillin	10-50	none
10.	Tylocin	10-100	none
11.	Vigiamycin	10	none

Sumber: Whiteker *et al*, 1977, 1989; Richert, 2007

Tabel 7.2. Pemanfaatan Obat Sebagai Aditif dan Periode Penghentian Pemberian Antibiotika Sebelum Babi Dipotong.

Penyakit	Obat Yang Digunakan Aditif	Penghentian Sebelum Dipotong (hari)
Atrophic rinitis	Chlortetracycline	None
	Oxytetracycline	None
	Tyloin	None
	Chlortetracycline+sulfamethazine (sulfathiazole)+penicillin	7
	Tylosin+ sulfamethazine	5
Bacterial swine enteritis	Bacitracin	None
	Bacitracin, MD	None
	Bacitracin, Zinc	None
	Carbadox	70
	Chlortetracycline	None
	Furazolidone	5
	Neomycin	20
	Nitrofurazone	5
	Oxytetracycline	None
	Chlortetracycline+sulfamethazine (sulfathiazole)+penicillin	7
	Neomycin+ Oxytetracycline	10
	Penicillin+streptomycin	None
Servical abscesses	Oxytetracycline	None
	Chlortetracycline+sulfamethazine (sulfathiazole)+penicillin	7
Swine dedysentery	Arsanilic acid	5
	Sodium arsanilic	5
	Carbadox	70
	Chlortetracycline	None
	Furazolidone	5
	Lincomycin	6
	Neomycin	20
	Oxytetracycline	None
	Roxarsone	5
	Tylosin	None
	Neomycin+ Oxytetracycline	10
	Tylosin+sulfamethazine	5
Viginiamycin	None	
Leptospirosis	Chlortetracycline	None
	Oxytetracycline	None

Sumber; Whiteker et al. (1977)

7.2. Kemoterapi

Kemoterapi (*Chemotherapeutic*) adalah senyawa organik yang bersifat bakteriostatik atau bakteriosidal hampir sama dengan antibiotika. Akan tetapi

senyawa organik ini diproduksi secara kimiawi berbeda dengan proses mikrobiologis. Tembaga sulfat dan seng oksida telah diidentifikasi sebagai agen kemoterapi alami yang memiliki efek memacu pertumbuhan yang ditambahkan dalam pakan babi fase *grower-finisher*. Tembaga dan seng dibutuhkan pertumbuhan normal pada tingkat inklusi rendah dalam pakan babi. Tembaga elemental pada level 6 sampai 11 ppm dan seng pada level 75 sampai 125 ppm memenuhi persyaratan nutrisi pada babi. Tembaga memiliki sifat antibakteri dan antijamur dan merupakan pemacu pertumbuhan yang efektif saat diberi makan pada konsentrasi 100 sampai 250 ppm dalam pakan (Braude, 1975; Cromwell, 1983) (Tabel 7.3).

Tabel 7.3. Pengaruh Penambahan Tembaga Sulfat dan Antibiotika dalam Ransum Terhadap Babi Lepas Sapih

Performa	Zat Aditif			
	Tanpa aditif	Tembaga ¹⁾ (A)	Antibiotika (B) ²⁾	(A)+(B)
PBB (lb)	0.46	0.57	0.55	0.62
Pakan/PBB (lb)	1.98	1.87	1.81	1.75
Babi hidup (%)	95	100	93	98

Sumber: McKean (2007).

PBB: pertambahan berat badan; ¹⁾ 250 ppm tembaga sulfat; ²⁾ 55 ppm klortetrasiklin atau 27 ppm virgiamisin.

Kombinasi tembaga dan pertumbuhan antibiotik promotor menghasilkan respon pertumbuhan yang lebih besar daripada memberi makan tembaga atau antibiotik saja dalam ransum *starter* (Stahly *et al.*, 1980; Cromwell, 1991). Seng oksida pada tingkat 1500 sampai 3000 ppm selama 2 sampai 3 minggu setelah penyapihan telah ditemukan berguna untuk pengendalian yang tidak spesifik dari diare pasca disapih. Penggunaan senyawa ini untuk waktu yang lama pada tingkat tinggi dapat menyebabkan pencemaran lingkungan di tempat penyebaran pupuk

kandang. Toksisitas tembaga pada domba tercapai pada tingkat rendah (3,5-20 mg/kg BB yang konsumsi setiap hari), terutama pada padang rumput yang mengandung molibdenum rendah. Dengan demikian, supaya berhati-hati saat mengaplikasikan pupuk tembaga pada dosis tinggi ke lahan garapan. Tembaga dan seng (Jecela *et al*, 2010) diklasifikasikan sebagai *trace mineral* karena diperlukan oleh babi pada tingkat yang relatif rendah pada pertumbuhan normal. Bila ditambahkan tembaga pada tingkat tinggi ke dalam pakan (100 sampai 250 ppm) dan seng (2000 sampai 3000 ppm) dapat meningkatkan kinerja pertumbuhan pada babi muda.

7.3. Anti Parasit

Babi rentan terhadap infeksi oleh banyak macam spesies parasit internal dan beberapa macam spesies parasit eksternal. Parasit ini sangat bervariasi dalam berbagai siklus kehidupannya dan tingkat kerugian yang ditimbulkan pada babi. Para peneliti telah menemukan produk anti parasit (*anthelmintic*) yang sudah dipakai selama bertahun-tahun. Pada sebagian besar aplikasi obat pada ternak babi sudah memakai interval dan dosis yang ditentukan. Pada aplikasi obat-obatan anti parasit ini untuk membersihkan parasit dewasa dan kemudian dapat membunuh larva yang sedang berkembang. Efektifitas aplikasi obat-obatan parasit ini bergantung pada produk yang dipilih. Begitu obat anti parasit ini dihentikan, maka babi dapat terinfeksi kembali karena terkontaminasi dengan lingkungan atau babi lain pembawa parasit. Dua macam *dewormer*; *pyrantel tartrat* dan *hygromysin B* dapat dipakai untuk ditambahkan secara terus menerus dalam pakan babi (McKean, 2007) (Tabel 7.4).

Tabel 7.4. Waktu Penghentian Penggunaan Obat Anti Parasit (*anthelmintic*) Dalam Pakan Babi

Nama Kimia	Waktu Penghentian (hari) ¹⁾
Dichlorvos	none
Fenbendazole	none
Fyrantel tartrat	1
Levamisole Hydrochloride	3
Ivermectin	5
Hygromycin B	15
Thiabendazole	30

Sumber: McKean (2007).

¹⁾Waktu penghentian pemberian obat-obatan anti parasit sebelum babi dipotong.

Pyrantel tartrat telah dipasarkan secara luas sebagai kontrol larva cacing gelang (*ascaris*) dengan cara terus-menerus memberi pakan yang ditambahkan *pyrantel tartrat* pada tingkat inklusi rendah kepada babi lepas sapih. Pemberian obat cacing secara rutin akan dapat menghancurkan telur-telur cacing dan larva cacing gelang, sehingga kerugian yang ditimbulkan selama induk babi menyusui dapat dihindari. Selain itu, manfaat dari cara tersebut dapat menimbulkan kekebalan pada babi, sehingga babi dapat terhindar dari infeksi di masa berikutnya.

7.4. Pemodelifikasi Metabolik

Pemodelifikasi metabolik (*metabolic modifier*) telah digunakan untuk mengatur proses-proses fisiologis untuk memperbaiki produktifitas ternak. Pada awalnya dilakukan terhadap ternak babi difokuskan sekitar memodifikasi retensi protein dan retensi lemak pada babi *finishing* menggunakan beberapa jalur metabolisme yang berbeda. Di Amerika Serikat, senyawa beta-agonis, ractopamine hidroklorida (raktofamin-HCl) telah dilakukan untuk digunakan dalam pakan untuk meningkatkan protein dan mengurangi retensi lemak pada babi *finisher*. Laporan

penelitian menyatakan bahwa penyertaan raktofamin-HCl dalam pakan selama lima minggu terakhir dapat meningkatkan *fat-free lean* hingga 3,8%, meningkatkan luas mata *loin* (*loin eye area*) sebesar 5,0%, mengurangi *10 rib back fat* sebesar 18% dan peningkatan produksi protein sebesar 2,4% tanpa mempengaruhi sifat kualitas daging (Herr *et al.*, 2000).

Penggunaan senyawa beta-agonis dalam pakan ternak dilarang oleh pemerintah di negara lain karena masalah kesehatan manusia. Beberapa pasar khusus di Amerika Serikat dan semua ekspor daging babi ke Uni Eropa telah menghalangi penggunaan *metabolic modifier*. USDA-AMS (*Agriculture Marketing Service-USDA*) merespon hal tersebut dan telah mengembangkan sistem sertifikasi dan pengawasan; kemudian USDA-FSIS (*Food Safety and Inspection Service-USDA*) telah mengembangkan tes cepat untuk mendeteksi residu ractopamine-HCL dalam upaya untuk menjamin daging dari babi yang belum pernah menerima produk tersebut.

7.5. Antimikroba Alternatif

Probiotik/Prebiotik

Probiotik adalah golongan aditif pakan yang terdiri atas kultur bakteri hidup dan/atau ragi; kultur tersebut diberi babi untuk meningkatkan keseimbangan mikroflora yang diinginkan dalam usus kecil dan usus besar. Banyak sekali formulasi produk yang tersedia untuk dijadikan sebagai aditif pakan babi (Muirhead, 1998). Campuran aditif pakan yang paling umum mengandung satu atau lebih banyak spesies *Lactobacillus*, *Bacillus subtilis*, *Streptococcus faecium*, *Saccharomyces cerevisiae* dan spesies-spesies komersial lainnya. Prebiotik dapat didefinisikan sebagai bahan pakan/pakan yang secara menguntungkan mempengaruhi inang secara

selektif dan merangsang pertumbuhan atau aktivitas spesies bakteri yang menguntungkan di usus. Prebiotik saat ini terutama berasal dari senyawa (oligopolisakarida (*oligopolysaccharide*)). Senyawa ini memberikan substrat nutrisi untuk dimanfaatkan oleh bakteri dan bisa digunakan secara selektif untuk meningkatkan kolonisasi bakteri penghasil asam.

Probiotik adalah biakan hidup dari organisme bermanfaat (Jacela *et al.*, 2010). Hasil uji coba kinerja pertumbuhan dengan prebiotik dan probiotik tidak konsisten. Prebiotik adalah zat pakan nondigestibel yang secara selektif merangsang pertumbuhan spesies bakteri yang menguntungkan di usus, sehingga menguntungkan tuan rumah. (inamg)

Acidifier Dalam Pakan

Feed acidified dapat membantu memperbaiki proses pencernaan pada babi melalui berbagai variasi mekanisme, meskipun proses dan mekanismenya tidak sepenuhnya dipahami. Pemberian pakan yang diasamkan dapat menurunkan pH lambung yang berakibat pada meningkatnya aktivitas pepsin dan memperlambat pengosongan lambung. Kedua mekanisme ini pada umumnya dapat membantu meningkatkan pencernaan dan meningkatkan pemanfaatan protein. Menurunkan pH lambung babi bisa memberikan lingkungan usus yang lebih nyaman untuk mikroba yang bermanfaat dan mengurangi pertumbuhan *E. coli*, *Salmonella* dan patogen terkait usus lainnya. Asam organik yang diaplikasikan pada pakan dapat mengurangi degradasi pakan dan mengurangi beban mikroba. Asam fumarat, sitrat dan propionat dan campuran asam organik dan anorganik tersedia secara komersial untuk digunakan dalam pakan babi. Pada sistem produksi yang memanfaatkan pakan

cair, proses fermentasi pra-makan telah dikembangkan untuk mengurangi pH pakan dan meningkatkan pencernaan pakan. Babi yang baru disapih tampaknya mendapatkan manfaat terbesar dari penggunaan pakan yang diasamkan. Performa babi *grower-finisher* bisa lebih bervariasi. Fermentasi pakan cair telah menunjukkan manfaat untuk mengurangi *Salmonella carrier* di tingkat peternakan. Tingkat inklusi untuk *acidifiers* bervariasi sesuai dengan produk yang dipilih. Umumnya efektif 1 sampai 3% tingkat inklusi diperlukan. Dalam kondisi produksi tertentu, tingkat inklusi ini dapat dibenarkan secara ekonomi.

Perbaikan kinerja yang dicapai dengan pengasaman pakan terutama dianggap sebagai respon terhadap penurunan pH pakan dan kapasitas bufer. Namun, belum memungkinkan untuk mencapai efek meningkatkan pertumbuhan pada anak babi saja dengan menurunkan nilai pH dan kapasitas penyangga pakan dengan anorganik asam seperti asam fosfat atau hidroklorida. Di sisi lain, netral bereaksi garam organik seperti sodium atau *calcium formate*, juga meningkatkan performa, tanpa menghasilkan perubahan nyata dalam keasaman pakan. Oleh karena itu, manfaat yang dilihat termasuk asam organik mungkin dapat dikaitkan dengan antimikroba karena sifat asam anion seperti yang telah ditunjukkan untuk asam format yang dapat secara efisien mengendalikan populasi bakteri di saluran usus bagian atas (Roth and Kirchgessner, 1998)

Herbal

Herbal (*Botanicals*) adalah senyawa-senyawa yang berasal dari akar, daun, kulit kayu, bunga atau bagian tanaman lainnya. Sejumlah senyawa herbal telah dianjurkan dipakai sebagai antimikroba yang bermanfaat, sebagai antiparasit atau

sebagai antioksidan. *Botanicals* telah dilaporkan dapat meningkatkan asupan pakan, merangsang sekresi cairan pencernaan dan sistem kekebalan tubuh, memberikan aktivitas langsung sebagai antibakteri dan memperbaiki stabilitas oksidatif pada produk-produk hewani. Perhatian difokuskan kepada potensi tanaman obat untuk diungkap apakah sebagai antimikroba atau antioksidan; dan bertindak sebagai antimikroba alternatif dalam pakan (Wenk, 2002). Minyak dari berbagai rempah mungkin mengandung antioksidan alami, pada umumnya dalam bentuk senyawa-senyawa tokoferol atau fenol. Masalah yang terkait dengan evaluasi potensi produk yang tidak dimurnikan, standarisasi ekstraksi bahan aktif, dan penentuan tingkat inklusi yang tepat untuk efek spesifik adalah keterbatasan saat ini untuk penggunaannya secara meluas. Riset tambahan untuk menyaring berbagai *botanicals*, untuk mengidentifikasi dan mengukur jumlah bahan aktif yang pemanfaatannya bersifat khas, dan untuk mengembangkan aturan penggunaannya sebagai efek antibakteri, antiparasit atau antioksidan untuk produk yang tersedia saat ini diperlukan sebelum rekomendasi berbasis sains dapat dibuat. Beberapa spesies jamur memiliki kemampuan untuk memproduksi mikotoksin. Kontaminasi mikotoksin terhadap pakan dapat menyebabkan produksi dan kerugian finansial (Jacela *et al.*, 2010). *Mold inhibitor* dan *mycotoxin binder* bisa jadi alat yang efektif dalam mengendalikan jamur dan masalah mikotoksin. Antioksidan, di sisi lain dapat membantu menjaga palatabilitas bahan pakan atau pakan lengkap.

Jinten (*Cuminum cyminum*) merupakan tanaman rempah semusim dan telah digunakan sejak zaman kuno sebagai obat dan rempah-rempah dalam pakan (Patil *et al.*, 2017). Suplementasi jinten bisa mempengaruhi pola makan atau pertumbuhan yang menguntungkan mikroorganisme dalam rumen atau merangsang sekresi

berbagai enzim pencernaan; yang pada gilirannya mungkin akan meningkatkan efisiensi penggunaan nutrisi atau merangsang jaringan sekresi susu di kelenjar susu untuk menghasilkan peningkatan produksi susu dan kinerja reproduksi hewan perah. Jinten memiliki berbagai efek farmakologis. Di India baru-baru ini, penggunaan jinten telah mendapatkan popularitas karena gerakan penggunaan herbal diprakarsai oleh ahli naturopati, guru yoga, promotor pengobatan alternatif dan tambahan pakan untuk hewan.

Salah satu cara untuk membuat pakan yang lebih baik dengan menambahkan bubuk kunyit (curcuminoid) (Ariastawa *et al.*, 2016). Manfaatnya ts memberi curcuminoid mampu meningkatkan nafsu makan, incr mempermudah pemanfaatan nutrisi seperti lemak, protein, dan karbohidrat. Pemberian ransum Babi Bali dengan ekstrak kunyit 0,04 (kurkuminoid) memberikan hasil terbaik diantara keempatnya perawatan dan Pemberian ransum Babi Bali dengan ekstrak kunyit 0,04 (curcuminoid) dapat meningkatkan penambahan berat badan, efisiensi pakan (FCR), dan meningkatkan pencernaan pakan.

Aditif lainnya

Cita rasa dapat ditambahkan ke dalam pakan untuk meningkatkan aroma atau citarasa pakan. Sebagian besar data penelitian menunjukkan citarasa manfaatnya terbatas kecuali jika ingin mencoba untuk menutupi bau atau rasa pakan yang kurang enak. Enzim dapat dimasukkan ke dalam pakan untuk membantu proses pencernaan. Suplementasi enzim sedikit manfaatnya yang dapat diharapkan dalam pakan tradisional berbasis biji-bijian, namun mungkin begitu bermanfaat bila bahan baku non-tradisional digunakan. Pengecualian untuk pengamatan ini adalah beta-

glukanase dan *phytase*. *Beta-glucanase* telah terbukti meningkatkan utilisasi jelai (*barley*) yang kaya akan *beta-glukan*. Karbohidrat kompleks ini mengganggu kemampuan babi untuk secara efisien mencerna dan memanfaatkan nutrisi *barley*. Babi, seperti hewan monogastrik lainnya, sama sekali tidak memiliki aktivitas *phytase*; dan akibatnya pemanfaatan fosfor menjadi buruk dalam pakan berbasis nabati. Bila ditambahkan ke dalam pakan, enzim *phytase* membantu dalam pencernaan *phytate-phosphorus (P-phytate)*; oleh karena itu, meningkatkan tanaman berbasis ketersediaan fosfor untuk hewan monogastrik. Penggunaan *phytase* mengurangi jumlah suplemen fosfor anorganik yang dibutuhkan dalam pakan untuk memenuhi kebutuhan fosfor dalam pakan babi. Selain, terdapat bukti yang menunjukkan bahwa *phytase* secara positif mempengaruhi ketersediaan kalsium dan mineral lainnya seperti mangan, seng, tembaga, besi, dan pemanfaatan energi dan asam amino yang terikat pada *phytate*.

7.6. Tanggung Jawab Produsen Dalam Penggunaan Aditif Pakan

Produser obat-obatan dan bahan aditif pakan harus mencantumkan petunjuk yang dicantumkan pada label produk. Di Indonesia, pemerintah dengan tegas akan melakukan pengawasan penggunaan aditif pakan dengan obat-obatan hewan dan aditif pakan yang lainnya. Pemerintah telah mengeluarkan Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 14/Permentan/Pk.350/5/2017 Tentang Klasifikasi Obat Hewan.

Peternak harus mengikuti petunjuk untuk setiap aditif pakan seperti yang diberikan oleh produsen pada label produk untuk mendapatkan manfaat maksimal dan keamanan produk. Bila menggunakan obat sebagai aditif pakan, kepatuhan

terhadap petunjuk penggunaan diwajibkan oleh undang-undang. Konsultasi dengan dokter hewan atau ahli gizi tentang penggunaan berbagai aditif pakan yang efektif dan bermanfaat. Konsultasi terhadap pemanfaatan aditif pakan dapat meningkatkan kualitas produk daging babi dan memberikan keunggulan kompetitif serta aman bagi kesehatan konsumen. Saat menggunakan obat-obatan atau aditif pakan, terlebih dahulu harus membaca petunjuk yang tertera dalam brosur untuk memastikan aditif yang diberi kepada ternak sesuai konsentrasi dan indikasi yang disarankan.

Kasus keracunan pakan, karena konsumsi pakan dari sumber hewani yang mengandung *clenbuterol*, telah sering terjadi di Tiongkok selama beberapa tahun terakhir, menyebabkan tingkat keparahan sosial tertentu (Shao and Cai, 2014). Beberapa kementerian terkait kemudian meluncurkan peraturan terkait dan mengambil tindakan yang tepat untuk menindak perilaku pembuatan ilegal, penjualan, dan penggunaan *clenbuterol*. Namun, perilaku ini berlanjut karena manfaat ekonomi yang sangat menguntungkan namun menimbulkan masalah masalah dibidang etika. Ini kertas menyelidiki rantai produksi dan penjualan clenbuterol di Tiongkok. Contoh positif dalam memantau penggunaan clenbuterol di Tiongkok dapat membantu meningkatkan keamanan pangan manajemen di seluruh Tiongkok dan negara berkembang lainnya. Di Amerika Serikat, konsentrasi dan indikasi penggunaan senyawa antimikroba yang dianjurkan, petunjuk penggunaan pakan aditif, dan waktu akhir penggunaan sebelum ternak dipotong diatur oleh FDA (*Food and Drug Administration*) (McKean, 2007). USDA-FSIS (*US-Departement of Agriculture - Food Safety and Inspection Service*) memiliki tanggung jawab untuk memantau adanya residu kimia berbahaya pada karkas babi di tempat pengepakan.

VIII. KEBUTUHAN PAKAN DAN KANDUNGAN NUTRIEN BAHAN PAKAN

Berikut ini disajikan berbagai kebutuhan nutrisi pada babi dalam bentuk tabel (Tabel 8.1.; 8.2.; 3.3.; dan 8.4. Penyajian disertai dengan kebutuhan-kebutuhan di setiap fase pertumbuhan dan tingkat reproduksi sesuai dengan tujuan pemeliharaan babi. Selain itu, pada tabel berikutnya (Tabel 8.5.; 8.6.; 8.7.; 8.8.; 8.9.; dan 8.10.) disajikan kandungan nutrisi bahan-bahan pakan yang sekiranya bisa didapatkan di Indonesia. Terdapat pengecualian, pada Tabel 8.11. disajikan konversi satuan ke satuan lain yang sering digunakan dalam formulasi pakan babi.

Data-data yang tertera di dalam tabel kebutuhan nutrisi diambil dari dua sumber; kedua sumber, kebutuhan nutrisi pakan pada babi bersumber dari rekomendasi National Research Council (N. R. C., 1998, 2012) dan rekomendasi Missouri University Extension (Boren dan Carlson, 2017). Hal ini sengaja dipadukan supaya terdapat perbandingan sebagai bahan acuan di dalam mempelajari kebutuhan gizi pada ternak babi, sehingga timbul suatu diskusi untuk mencari kelebihan ataupun kekurangan kalau ada dari masing-masing rekomendasi tersebut. Sudah barang tentu bahan kajian tersebut tidaklah mencakup dari semua aspek kebutuhan dari berbagai ras dan lingkungan yang sangat besar sekali mempengaruhi kebutuhan nutrisi pada ternak babi.

Table 8.1. Kebutuhan Energi, Protein, Mineral dan Asam Amino pada Babi Fase *Starter - Finisher (ad libitum, 90% DM)*

Kriteria	Rekomenadasi NRC						Rekomendasi Missouri					
	6-10 (lbs)	10- 20	20- 45	45- 110	110- 180	180- 265	6-10 20	10- 45	20- 45	45- 110	110- 180	180- 265
Pertambahan Berat Badan (lbs/h)	0.35	0.6	1.1	1.5	1.8	1.7	0.35	0.6	1.1	1.5	1.8	1.7
ME (Mkal/lb)	1,480	1,480	1,480	1,480	1,480	1,480	1,590	1,500	1,500	1,520	1,520	1,520
					0	0						
% dalam pakan.....					% dalam pakan.....					
Crude protein	26	23.7	20.9	18	15.5	13.2	27	26	22.5	18.5	16	14
Calcium	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.45	0.90	0.90	0.80	0.70	0.55	0.55
Phosphorus (total)	0.70	0.65	0.60	0.50	0.45	0.40	0.80	0.80	0.70	0.60	0.50	0.50
Phosphorus (available)	0.55	0.40	0.32	0.23	0.19	0.15	0.60	0.55	0.40	0.30	0.21	0.21
Arginine	0.59	0.54	0.46	0.37	0.27	0.19	0.59	0.54	0.46	0.37	0.27	0.19
Histidine	0.48	0.43	0.36	0.30	0.24	0.19	0.48	0.43	0.36	0.30	0.24	0.19
Isoleucine	0.83	0.73	0.63	0.51	0.42	0.33	1.02	0.90	0.78	0.63	0.51	0.39
Leucine	1.5	1.32	1.12	0.90	0.71	0.54	1.5	1.32	1.12	0.90	0.71	0.54
Lysine	1.5	1.35	1.15	0.95	0.75	0.60	1.7	1.5	1.3	1.05	0.85	0.65
Methionine + Cystine	0.86	0.76	0.65	0.54	0.44	0.35	0.94	0.83	0.72	0.58	0.47	0.36
Phenylalanine + Tyrosine	1.41	1.25	1.06	0.87	0.70	0.55	1.41	1.25	1.06	0.87	0.70	0.55
Threonine	0.98	0.86	0.74	0.61	0.51	0.41	1.11	0.98	0.85	0.68	0.55	0.42
Tryptophan	0.27	0.24	0.21	0.17	0.14	0.11	0.31	0.27	0.23	0.19	0.15	0.12

Sumber : Diambil dari Tabel N. R. C. (1998, 2012) dan Missouri University Extension (Boren and Carlson, 2017); 1 lb = 0,4535924 kg atau 1 kg = 2,2046226 lbs; DM: dry matter.

Tabel 8.2. Kebutuhan Energi, Protein, Mineral dan Asam-asam Amino pada Babi Pejantan dan Induk (*ad libitum*, 90% DM).

Nutrien	Rekomendasi NRC			Rekomendasi Missouri		
	Pejantan (aktif)	Induk 440 lbs-12 anak	Menyusui 385 lbs-pbb 0,44 lbs	Pejantan (aktif)	Induk 440 lbs-12 anak	Menyusui 385 lbs-pbb 0,44 lbs
ME (Mkal/lb)	1,540	1,480	1,480	1,50	1,50	1,50
Intake (lbs/h)	5.0	4.0	12.0	5.0	4.0	12.0
CP (%)	13	12	17.5	20	13.5	19
Ca (%)	0.75	0.75	0.75	0.90	0.90	0.90
P (%)	0.60	0.60	0.60	0.80	0.80	0.80
P (avail.) (%)	0.35	0.35	0.35	0.50	0.50	0.50
Arginine (%)	-	-	0.48	-	-	0.48
Histidine (%)	0.19	0.16	0.36	0.19	0.16	0.36
Isoleucine (%)	0.35	0.30	0.50	0.35	0.30	0.50
Leucine (%)	0.51	0.42	0.97	0.51	0.42	0.97
Lysine (%)	0.60	0.52	0.91	1.05	0.65	1.0
Met+Cys (%)	0.42	0.36	0.44	0.42	0.36	0.60
Phe+Tyr (%)	0.57	0.49	1.0	0.57	0.49	1.0

Sumber : Diambil dari Tabel N.R.C (1998, 2018) dan Missouri University Extension (Boren and Carlson, 2017)
 1 lb = 0,4535924 kg atau 1 kg = 2,2046226 lbs; DM: dry matter.

Table 8.3. Rekomendasi Penambahan Nutrien Pada Pakan *Fase Grower- Finisher*

Nutrien	Satuan	Penambahan	
		Periode <i>Grower</i> 10-135 lbs	Periode <i>Finisher</i> 135-260 lbs
Garam/Mineral			
NaCl	lbs	3-6	3-6
Fe	gram	150	125
Zn	gram	150	125
Mn	gram	30	25
Cu	gram	15	12,5
I	gram	0,27	0,27
Se*	gram	0,27	0,27
Vitamin			
A	10 ⁶ IU	6	5
D	10 ³ IU	900	750
E	10 ³ IU	25	20
K	gram	2,5	2
Riboflavin	gram	5,4	4,5
Niacin	gram	30	25
Pantothenic acid	gram	18	15
Vitamin B12	milligram	25	20

Sumber : Diambil dari Tabel Missouri University Extension (Boren and Carlson, 2017)

1 lb = 0,4535924 kg atau 1 kg = 2,2046226 lbs

* Maksimum 0.27g per ton (0.3 ppm)

Table 8.4. Rekomendasi Penambahan Nutrien Pada Pakan Pada Babi Bunting, Laktasi, dan Pejantan

Nutrien	Satuan	Kebutuhan Ternak (ton ⁻¹)
NaCl	lbs	10
Fe	gram	150
Zn	gram	150
Mn	gram	36
Cu	gram	15
I	gram	0.27
Se*	gram	0.27
Vitamin A	10 ⁶ IU	10
Vitamin D	10 ⁶ IU	1.5
Vitamin E	10 ³ IU	40
Vitamin K	gram	4
Riboflavin	gram	9
Niacin	gram	50
Pantothenic acid	gram	30
Vitamin B12	mg	40
Biotin	mg	200
Folic acid	gram	1.5
Choline	gram	500
Pyridoxine	gram	13.75

Sumber : Diambil dari Tabel Missouri University Extension (Boren and Carlson, 2017)

1 lbs = 0,4535924 kg atau 1 kg = 2,2046226 lbs

* Maksimum 0.27g per ton (0.3 ppm)

Tabel 8.5. Komposisi Energy pada Beberapa Bahan Pakan Babi (*as-fed basis*)

No.	Nama Bahan	IFN	DM (%)	DE (kkal/kg)	ME (kkal/kg)	NE (kkal/kg)
01	Blood meal . konv.	5-00-380	92	2850	2650	1860
02	Canola meal, sol. ext.	5-06-145	90	2885	2640	1610
03	Casava meal, dehyd.	4-01-152	88	3385	3330	2330
04	Copra meal, solv. extr.	5-01-573	92	3010	2565	1696
05	DDGS, bungkil jagung	5-02-843	93	3200	2820	2065
06	Corn meal	4-02-935	98	3525	3420	2395
07	Fish, Anchovy meal mech. extr.	5-01-985	92	3230	2695	1695
08	Flax (Canola), meal, solv. extr.	5-02-048	90	3060	2710	1840
09	Meat, rendered with bone	5-00-388	93	2440	2225	1355
10	Milk (cow), skim, dried	5-01-175	96	3980	3715	2360
11	Rice bran	4-03-928	90	3100	2850	2040
12	Sorghum (milo), grain	4-20-893	89	3380	2910	1585
13	Soybean meal, solv. extr.	5-04-604	89	3490	3180	1935
14	Wheat bran (pollard)	4-05-190	89	2420	2275	1400
15	Yeast, brewers, dried	7-05-527	93	3325	3025	2075.

Sumber: National Research Council (NRC, 1998)

IFN: International Feed Number; DM: Dry matter; DE: Digestible energy; ME: Metabolizable energy; NE: Nett energy

Tabel 8.6. Komposisi Nutrien Protein, Lemak, Serat Kasar, Kalsium dan Fosfor pada Beberapa Bahan Pakan Babi (*as-fed basis*)

No.	Nama Bahan	IFN	CP (%)	CFat (%)	LL (%)	NDF (%)	ADF (%)	Ca (%)	P (%)
01	Blood meal . konv.	5-00-380	77,1	1,6	0,09	13,6	1,8	0,37	0,27
02	Canola meal, sol. extr.	5-06-145	35,6	3,5	0,42	21,2	17,2	0,63	1,01
03	Casava meal, dehyd.	4-01-152	3,3	0,5	-	7,7	4,6	0,22	0,13
04	Copra meal, solv. extr.	5-01-573	21,9	3,0	0,03	51,3	25,5	0,16	0,58
05	DDGS, bungkil jagung	5-02-843	27,7	8,4	2,15	34,6	16,3	0,20	0,77
06	Corn meal	4-02-935	8,3	3,9	1,92	9,6	2,8	0,03	0,28
07	Fish, Anchovy meal mech. extr.	5-01-985	64,6	7,9	0,27	-	-	3,93	2,55
08	Flax (Canola), meal, solv. extr.	5-02-048	33,6	1,8	0,36	23,9	15,0	0,39	0,82
09	Meat, rendered with bone	5-00-388	51,5	10,9	0,72	2,5	5,6	9,99	4,98
10	Milk (cow), skim, dried	5-01-175	34,6	0,9	0,01	-	-	1,31	1,00
11	Rice bran	4-03-928	13,3	13,0	4,12	23,7	13,9	0,07	1,61
12	Sorghum (milo), grain	4-20-893	9,2	2,9	1,13	18,0	8,3	0,03	0,29
13	Soybean meal, solv. extr.	5-04-604	43,8	1,5	0,69	13,3	9,4	0,32	0,65
14	Wheat bran (pollard)	4-05-190	15,7	4,0	1,80	42,1	13,0	0,16	1,20
15	Yeast, breuwers, dried	7-05-527	45,9	17	0,04	4,0	3,0	0,16	1,44

Sumber: National Research Council (NRC, 1998)

IFN: International Feed Number; CP: Crude protein; CFat: Crude fat; LL: Linoleic acid; NDF: Neutral ditergen fibre; ADF: Acid ditergen fibre; Ca: Calcium; P: Phosphorus

Tabel 8.7. Komposisi Protein dan Asam-asam Amino Esensial pada Beberapa Bahan Pakan Babi (*as-fed basis*)

No.	Nama Bahan	IFN	CP (%)	Arg (%)	His (%)	Ile (%)	Leu (%)	Lys (%)	Met (%)	Cys (%)	Phe (%)	Tyr (%)	Thr (%)	Trp (%)	Val (%)
01	Blood meal . konv.	5-00-380	77,1	3,34	5,06	0,91	10,99	7,04	0,99	1,09	5,34	2,29	4,05	1,08	7,05
02	Canola meal, sol. extr.	5-06-145	35,6	2,21	0,96	1,43	2,58	2,08	0,74	0,91	1,43	1,13	1,59	0,45	1,82
03	Casava meal, dehyd.	4-01-152	3,3	0,18	0,08	0,11	0,19	0,12	0,04	0,05	0,15	0,04	0,11	0,04	0,14
04	Copra meal, solv. extr.	5-01-573	21,9	2,38	0,39	0,75	1,36	0,58	0,35	0,29	0,84	0,58	0,67	0,19	1,07
05	DDGS, bungkil jagung	5-02-843	27,7	1,13	0,69	1,03	2,57	0,62	0,50	0,52	1,34	0,83	0,94	0,25	1,30
06	Corn meal	4-02-935	8,3	0,37	0,23	0,28	0,99	0,23	0,17	0,19	0,39	0,25	0,29	0,06	0,39
07	Fish, Anchovy meal mech. extr.	5-01-985	64,6	3,68	1,56	3,06	5,00	5,11	1,95	0,61	2,66	2,15	2,82	0,76	3,51
08	Flax (Canola), meal, solv. extr.	5-02-048	33,6	2,97	0,68	1,56	2,06	1,24	0,59	0,59	1,57	1,03	1,26	0,52	1,74
09	Meat, rendered with bone	5-00-388	51,5	3,45	0,91	1,34	2,98	2,51	0,68	0,50	1,62	1,07	1,59	0,29	2,04
10	Milk (cow), skim, dried	5-01-175	34,6	1,24	1,05	1,87	3,67	2,86	0,92	0,30	1,78	1,87	1,62	0,51	2,33
11	Rice bran	4-03-928	13,3	1,00	0,34	0,44	0,92	0,57	0,26	0,27	0,56	0,40	0,48	0,14	0,68
12	Sorghum (milo), grain	4-20-893	9,2	0,38	0,23	0,37	1,21	0,22	0,17	0,17	0,49	0,35	0,31	0,10	0,46
13	Soybean meal, solv. extr.	5-04-604	43,8	3,23	1,17	1,99	3,42	2,83	0,61	0,70	2,18	1,69	1,73	0,61	2,06
14	Wheat bran (pollard)	4-05-190	15,7	1,07	0,44	0,49	0,98	0,64	0,25	0,33	0,62	0,43	0,52	0,22	0,72
15	Yeast, brewers, dried	7-05-527	45,9	2,20	1,09	2,15	3,13	3,22	0,74	0,50	1,83	1,55	2,20	0,56	2,39

Sumber: National Research Council (NRC, 1998)

IFN: International Feed Number; CP: Crude protein; Arg: Arginine; His: Histidine; Ile: Iso-leucine; Leu: Leucine; Lys: Lysine; Met: Methionine; Cys: Cystine; Phe: Phenylalanine; Tyr: Tyrosine; Thr: Threonine; Trp: Tryptophan; Val: Valine.

Tabel 8.8. Komposisi Energi, Protein, Serat Kasar, Linoleat, Kalsium dan Fosfor pada Beberapa Bahan Pakan Babi (*as-fed basis*)

No.	Nama Bahan	IFN	DM (%)	DE (kkal/kg)	ME (kkal/kg)	NE (kkal/kg)	CP (%)	CF (%)	LI (%)	NDF (%)	ADF (%)	Ca (%)	P (%)	P av. (%)
01	Blood meal . konv.	5-00-380	92	2850	2350	1950	77,1	1,6	0,09	13,6	1,8	0,37	0,27	-
02	Canola meal, sol. extr.	5-06-145	90	2885	2640	1610	35,6	3,5	0,42	21,2	17,2	0,63	1,01	21
03	Casava meal, dehyd.	4-01-152	88	3385	3330	2330	3,3	0,5	-	7,7	4,6	0,22	0,13	-
04	Copra meal, solv. extr.	5-01-573	92	3010	2565	1695	21,9	3,0	0,03	51,3	25,5	0,16	0,58	-
05	DDGS, bungkil jagung	5-02-843	93	3200	2820	2065	27,7	8,4	2,15	34,6	16,3	0,20	0,77	77
06	Com meal	4-02-935	89	3525	3420	2395	8,3	3,9	1,92	9,6	2,8	0,03	0,28	14
07	Fish, Anchovy meal mech. extr.	5-01-985	92	3230	269	1695	64,6	7,9	0,27	-	-	3,93	2,55	-
08	Flax (Canola), meal, solv. extr.	5-02-048	90	3060	2710	1840	33,6	1,8	0,36	23,9	15,0	0,39	0,83	-
09	Meat, rendered with bone	5-00-388	93	2440	2225	1355	51,5	10,9	0,72	32,5	5,6	9,99	4,98	90
10	Milk (cow), skim, dried	5-01-175	96	3980	3715	2360	34,6	0,9	0,01	-	-	1,31	1,00	91
11	Rice bran	4-03-928	90	3100	2850	2040	13,3	13,0	4,12	23,7	13,9	0,07	1,61	25
12	Sorghum (milo), grain	4-20-893	89	3380	3340	2255	9,2	2,9	1,13	16,0	8,3	0,03	0,29	20
13	Soybean meal, solv. extr.	5-04-604	89	3490	3180	1935	43,8	1,5	0,69	13,3	9,4	0,32	0,65	31
14	Wheat bran (pollard)	4-05-190	89	2420	2275	1400	15,7	4,0	1,80	42,1	13,0	0,16	1,20	29
15	Yeast, brewers, dried	7-05-527	93	3325	3025	2075	45,9	1,7	0,04	4,0	3,0	0,16	1,44	-

Sumber: National Research Council (NRC, 1998)

IFN: International Feed Number; DM: dry matter; DE: digestible energy; ME: metabolizable energy; NE: net energy; CP: crude protein; CF: crude fat; LI: linoleat; NDF: neutral detergent fibre; ADF: acid detergent fibre; Ca: calcium; P: phosphorus; P av.: P available.

Tabel 8.9. Komposisi Mineral pada Beberapa Bahan Pakan Babi (*as-fed basis*)

No.	Nama Bahan	IFN	Ca (%)	P (%)	Na (%)	Cl (%)	K (%)	Mg (%)	S (%)	Cu mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Se mg/kg	Zn mg/kg
01	Blood meal, konv.	5-00-380	0,37	0,27	0,50	0,30	0,11	0,11	0,48	11	1922	6	0,58	38
02	Canola meal, sol. extr.	5-06-145	0,63	1,01	0,07	0,11	1,22	0,51	0,85	6	142	49	1,10	69
03	Casava meal, dehyd.	4-01-152	0,22	0,13	0,03	0,07	0,49	0,11	0,50	4	18	28	0,10	10
04	Copra meal, solv. extr.	5-01-573	0,16	0,58	0,04	0,37	1,83	0,31	0,31	25	486	69	-	49
05	DDGS, bungkil jagung	5-02-843	0,20	0,77	0,25	0,20	0,84	0,19	0,30	57	257	24	0,39	80
06	Corn meal	4-02-935	0,03	0,28	0,02	0,05	0,33	0,12	0,13	3	29	7	0,07	18
07	Fish, Anchovy meal mech. extr.	5-01-985	3,93	2,55	0,88	1,02	0,75	0,24	0,77	9	220	10	1,36	103
08	Flax (Canola), meal, solv. extr.	5-02-048	0,39	0,82	0,13	0,06	1,26	0,54	0,39	22	270	41	0,63	66
09	Meat, rendered with bone	5-00-388	9,99	4,98	0,63	0,69	0,65	0,41	0,38	11	606	17	0,31	96
10	Milk (cow), skim, dried	5-01-175	1,31	1,00	0,48	1,00	1,60	0,12	0,32	5	8	2	0,12	42
11	Rice bran	4-03-928	0,07	1,61	0,03	0,07	1,56	0,90	0,18	9	190	228	0,40	30
12	Sorghum (milo), grain	4-20-893	0,03	0,29	0,01	0,09	0,35	0,15	0,08	5	45	15	0,20	15
13	Soybean meal, solv. extr.	5-04-604	0,32	0,65	0,01	0,05	1,96	0,27	0,43	20	202	29	0,32	50
14	Wheat bran (pollard)	4-05-190	0,16	1,20	0,04	0,07	1,26	0,52	0,22	14	170	113	0,51	100
15	Yeast, brewers, dried	7-05-527	0,16	1,44	0,10	0,12	1,80	0,23	0,40	33	215	8	1,00	49

Sumber: National Research Council (NRC, 1998); IFN: International Feed Number

Tabel 8.10. Komposisi Vitamin pada Beberapa Bahan Pakan Babi (*as-fed basis*)

No.	Nama Bahan	IFN	Biotin (mg/kg)	Cholin (mg/kg)	Folacin (mg/kg)	Niacin (mg/kg)	B ₁ (mg/kg)	B ₂ (mg/kg)	B ₃ (mg/kg)	B ₄ (mg/kg)	B ₁₂ (µg/kg)	E (mg/kg)	β-car. (mg/kg)
01	Blood meal, low	5-00-380	0,03	852	0,10	31	2,0	2,4	0,4	4,4	44	1,0	-
02	Canola meal, sol. extr.	5-06-145	0,98	6700	0,83	160	9,5	5,8	5,2	7,2	0	13,4	-
03	Cassava meal, dehyd	4-01-152	0,05	-	-	3	0,3	0,8	1,6	0,7	0	0,2	-
04	Copra meal, solv. extr.	5-01-573	0,25	1089	0,30	28	6,5	3,5	0,7	4,4	-	7,7	-
05	DDGS, bungkil jagung	5-02-843	0,78	2637	0,90	75	14,0	8,6	2,9	8,0	0	-	3,5
06	Corn meal	4-02-935	0,06	620	0,15	24	6,0	1,2	3,5	5,0	0	8,3	0,8
07	Fish, Ancho. meal mech. extr.	5-01-985	0,13	4408	0,30	100	15,0	7,1	0,3	4,0	280	5,0	-
08	Flax Canola, meal, solv. extr.	5-02-048	0,41	1512	1,30	33	14,7	2,9	7,5	6,0	0	2,0	0,2
09	Meat, rendered with bone	5-06-388	0,08	1996	0,41	49	4,1	4,7	0,4	4,6	90	1,6	-
10	Milk (cow), skim, dried	5-01-175	0,25	1393	0,47	12	36,4	19,1	3,7	4,1	36	4,1	-
11	Rice bran	4-03-928	0,35	1135	2,20	293	23,0	2,5	22,5	26,0	0	9,7	-
12	Sorghum (milo), grain	4-20-893	0,26	668	0,17	41	12,4	1,3	3,0	5,2	0	5,0	-
13	Soybean meal, solv. extr.	5-04-604	0,27	2794	1,37	34	16,0	2,9	4,5	6,0	0	2,3	0,2
14	Wheat bran (pollard)	4-05-190	0,36	1232	0,63	186	31,0	4,6	8,0	12,0	0	16,5	1,0
15	Yeast, brewers, dried	7-05-527	0,63	3984	9,90	448	109	37,0	91,9	42,8	1	10,0	-

Sumber: National Research Council (NRC, 1998)

IFN: International Feed Number

Tabel 8.10. Komposisi Vitamin pada Beberapa Bahan Pakan Babi (*as-fed basis*)

No.	Nama Bahan	IFN	Biotin (mg/kg)	Cholin (mg/kg)	Folacin (mg/kg)	Niacin (mg/kg)	B ₁ (mg/kg)	B ₂ (mg/kg)	B ₃ (mg/kg)	B ₅ (mg/kg)	B ₁₂ (µg/kg)	E (mg/kg)	β-car. (mg/kg)
01	Blood meal, konv.	5-00-380	0,03	852	0,10	31	2,0	2,4	0,4	4,4	44	1,0	-
02	Canola meal, sol. extr.	5-06-145	0,98	6700	0,83	160	9,5	5,8	5,2	7,2	0	13,4	-
03	Cassava meal, dehyd.	4-01-152	0,05	-	-	3	0,3	0,8	1,6	0,7	0	0,2	-
04	Copra meal, solv. extr.	5-01-573	0,25	1089	0,30	28	6,5	3,5	0,7	4,4	-	7,7	-
05	DDGS, bungkil jagung	5-02-843	0,78	2637	0,90	75	14,0	8,6	2,9	8,0	0	-	3,5
06	Can meal	4-02-935	0,06	620	0,15	24	6,0	1,2	3,5	5,0	0	8,3	0,8
07	Fish, Ancho meal mech. extr.	5-01-985	0,13	4408	0,30	100	15,0	7,1	0,3	4,0	280	5,0	-
08	Flax Canola meal, solv. extr.	5-02-048	0,41	1512	1,30	33	14,7	2,9	7,5	6,0	0	2,0	0,2
09	Meat, rendered with bone	5-00-388	0,08	1990	0,41	49	4,1	4,7	0,4	4,6	90	1,6	-
10	Milk (cow), skin, dried	5-01-175	0,25	1393	0,47	12	36,4	19,1	3,7	4,1	36	4,1	-
11	Rice bran	4-03-928	0,35	1135	2,20	293	23,0	2,5	22,5	26,0	0	9,7	-
12	Sorghum (milo), grain	4-20-893	0,26	668	0,17	41	12,4	1,3	3,0	5,2	0	5,0	-
13	Soybean meal, solv. extr.	5-04-604	0,27	2794	1,37	34	16,0	2,9	4,5	6,0	0	2,3	0,2
14	Wheat bran (pollard)	4-05-190	0,36	1232	0,63	186	31,0	4,6	8,0	12,0	0	16,5	1,0
15	Yeast, brewers, dried	7-05-527	0,63	3984	9,90	448	109	37,0	91,9	42,8	1	10,0	-

Sumber: National Research Council (NRC, 1998)

IFN: International Feed Number

Tabel 8.11. Konversi Satuan ke Satuan

Satuan ¹⁾	Konversi
1 kilogram (kg)	1000 gram (g)
1 gram (g)	1000 milligram (mg)
1 milligram (mg)	1000 mikrogram (mcg atau µg)
1 milligram/1 kilogram	1 part per million (ppm)
1 inci (inc)	2.54 centimeter (cm)
1 pound (lb)	0,4535924 kilogram (kg)
1 kilogram (kg)	2,2046226 pounds (lbs)
1 IU	1 USP
1 megakalori (Mkal)	1000 kilokalori (kcal)
1 megajoule (MJ)	1000 Joule (J)
1 Joule (J)	1000 erg
1 kilokalori (kcal)	4184 Joule
1 kalori (kal)	4,184 Joule (J)
0,05%	500 ppm
40 ppm	0,004%
1 IU vitamin A	0,344 µg retinil asetat kristal 0,3 µg retinol 0,6 µg β – caroten
1 IU vitamin D	0,025 µg cholecalciferol kristal
1 IU vitamin E	1 mg DL-α-tocopheryl acetat 0,91 mg tocopherol 0,735 mg D-α- tocopheryl acetat 0,671 mg D-α-tocopherol acetat

1) Dari berbagai sumber, dihitung kembali

Penetapan penyusunan komposisi bahan dan nutrien pakan pada babi menjadi suatu keharusan sebagai tindakan yang diambil, sehingga tujuan pemeliharaan ternak babi dapat dicapai semaksimal mungkin. Selain komposisi bahan dan nutrien pakan, sangat penting juga menjadi suatu pertimbangan adalah masalah harga bahan serta ketersediaannya di lapangan. Kadang pemakaian sumber-sumber pakan nabati asal biji-bijian menjadi mahal, karena ketersediaannya terbatas atau kompetitif dengan manusia. Sebagai contoh misalnya jagung. Pemakaian jagung dalam pakan babi biasanya menjadi suatu keharusan, karena jagung merupakan sumber energi yang paling baik. Di sisi lain, jagung juga sebagai bahan makanan pokok di beberapa daerah di Indonesia. Sebagai alternatif misalnya, dapat digunakan sorghum atau campuran sorghum dengan molases, lemak hewan atau minyak nabati.

Pemakaian sumber-sumber protein hewani kadang juga menjadikan pakan menjadi mahal; misalnya, penggunaan tepung ikan kualitas terbaik (impor) yang harganya cukup mahal. Tetapi penggunaan tepung ikan dapat dikurangi; namun perlu diingat bahwa hal ini akan menyebabkan ketidakseimbangan asam-asam amino esensial. Untuk melengkapi kekurangan asam-asam amino esensial, maka pemakaian asam-asam amino sintetik sangat efisien. Pemakaian asam-asam amino sintetik jauh lebih murah dibandingkan dengan pemakaian tepung ikan secara keseluruhan sebagai sumber protein pakan.

Kekurangan mineral dan vitamin dalam pakan dapat dipenuhi dengan memanfaatkan produk-produk pabrikan. Biasanya produk-produk campuran mineral atau vitamin sangat mudah dapat diperoleh dalam bentuk "multi mineral-mix" atau "multi vitamin-mix".

DAFTAR PUSTAKA

- Aguinaga, M. A., Nieto, R., Lara, L. And Aguilera, J. F. 2017. Effects of dietary protein-to-energy ratio on rate of growth, protein deposition and tissue composition of pure Iberian boars prior to extensive production. *Abstract. J. of Anim. Sci. Vol. 95 (2): 855-865.*
- Aherne, F. X. and Kirkwood, R. N. 1985. Nutrition and sow prolificacy. *J. of Reprod. and Fertility. Vol 33:169-183.*
- Almond, G. W. 1995. How much water do pigs need. Htm. College of Veterinary Medicine, North Carolina State University Raleigh, N.C. 27606.
- Arnold, J. 1982. The net energy value of balanced diets for growing pigs. *Livestock Prod. Sci. Vol. 8 (6): 541-555.*
- Astawa, P. A., Budaarsa, I. K., Sumadi, I. K. and Mahardika, I. G. 2016. Additional Turmeric Powder (Curcuminoid) into Traditional Ration to Improve the Productivity of Bali Pig. *IRJEIS: 2 (7), pp. 44-49*
- Baker, D. H. 1977. Sulfur in Non ruminant Nutrition. West den Moines, Iowa. National Feed Ingredient Assoc. P 123.
- 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.*
- Barber, J., Brooks, P. H. and Carpenter, J. L. 1989. The Voluntary Food Intake of Pigs. Ed. Forbes JM, MA Varley and TLJ Lawrence. British Society of Animal Producers. *Occasional Publication No 13. Pp: 103-104.*
- 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.*
- Bee, G., Gebert, S. and Messikommer, R. 2002. Effect of dietary energy supply and fat source on the fatty acid pattern of adipose and lean tissues and lipogenesis in the pig. *J. Anim. Sci. 80:1564-1574.*
- Berrocoso, J. D., Rojas, O. J., Liu, Y., Shoulders, J. González-Vega, J. C. and Stein. Jr, H. H. 2015. Energy concentration and amino acid digestibility in high-protein canola meal, conventional canola meal, and soybean meal fed to growing pigs. *J. Anim. Sci. 93:2208-2217.*

- 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.
- Boren, C. A. and Carlson, M. S. 2017. Nutrient Requirements of Swine and Recommendations for Missouri. Published by M.U. Extension, University of Missouri-Columbia, U.S.A.
- Boyle, M. A. and Long, S. 2006. Personal Nutrition. 6th 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.
- Brudevold, A. B. and Southern, L. L. 1994. Low protein, crystalline amino acid-supplemented sorghum-soy bean diets for the 10 to 20 kilograms pig. *J. Anim. Sci.* 72 (3): 638-645.
- Carson, T. L. 1986. Toxic chemicals, plants, metals, and mycotoxins. In Deseses of Swine. 6th Ed. A. D. Leman, B.Straw, R.D. Glock, W. L. Mengeling, R. H. C. Penny and E. Scholl. eds. Ames: Iowa State University Press. Pp: 688-701.
- Clancy, S. P., Clarkson, P. M., DeCheke, M. E. Nosaka, K., Freedson, P. S., Cunningham, J. J. and Valentine, B. 1994. effects of chromium picolinate supplementation on body composition, strength, and urinary chromium loss in football players. *Int. J. Sport Nutr.* 4 (2): 142-153.
- Cole, W. H. and G. G. Robert. 1993. Nutrition of the working board. Recent Advances Animal Nutrition. W. Haresign and D J. A. Cole, eds. Loughborough, Nottingham Univ. Press. Pp 21-44.
- Cromwell, G. L, Stahly, T. S. and Monegue, H. J. 1983. High levels of copper as a growth stimulant in starter diets for weanling pigs. Kentucky Swine Research Report No. 274.
- Cromwell, G. L. 1991. Antimicrobial agents, In: Miller, E.R., Ullrey, D.E., Lewis, A.J., Ed. Swine nutrition. Boston: Butterworth- Heinemann.
- Cromwell, G. L. Cline, T. R., Crenshaw, J. D., Crenshaw, T. D., Ewan, R. C., Hamilton, C. R., Lewis, A. J., Mahan, D. C., Miller, E. R., Pettigrew, J. E.,

- Tribble, L. F. and Veum T. L. 1993. The dietary protein and (or) lysine requirements of barrows and gilts. *J. Anim. Sci.* 71: 1510-1519.
- David S. R., Boyd, R. D., McCulley, M., Odle, J., and van Heugten, E. 2016. Essential fatty acid supplementation during lactation is required to maximize the subsequent reproductive performance of the modern sow. *J. Anim. Reprod. Sci.* 168: 151-163.
- Dellmann, H. D. and Brown, E. M. 1993. Textbook of Veterinary Histology. 4th edition. Lea and Febiger Pub., Philadelphia, U. S. A.
- DeRouche, 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.*
- DeRouche, J. M., Dritz, S. S., Goodband, R. D., Nelssen, J. L. and Tokach, M. D. 2014. General Nutrition Principles for Swine. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. U.S.A.
- Dourmad, J. Y., Etienne, M. and Noblet, J. 1996. Reconstitution of body reserves in multiparous sows during pregnancy: Effect of energy intake during pregnancy and mobilization during the previous lactation. *J. Anim. Sci.* 74: 2211-2219.
- Dourmad, J. Y., Noblet, J., and Etienne, M. 1998. Effect of protein and lysine supply on performance, nitrogen balance, and body composition changes of sows during lactation. *J. Anim. Sci.* Vol. 76: 542-550.
- Elango, R. and Ball, O. R. 2016. Protein and Amino Acid Requirements during Pregnancy. *J. Adv. Nutr.* Vol. 7: 839-844.
- Ensminger, M. E. 1991. Animal Nutrition. 9th ed. Interstate Publisher Inc. U.S.A.
- Ewan, R. C. (1989). Predicting the energy utilization of diets and feed ingredients by pigs. In Energy Metabolism. *European Association of Anim. Prod. Bull.* 43. Y. van der Honing and W.H. Close, ed. Netherland.
- Figuerola, 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 the levels of volatile fatty acids and lactic acid in section of the alimentary tract. *Can. J. Anim. Sci.* 184: 156-173.

- Goering, H. K. and van Soest, P. J. 1973. Forage fibre analysis: Apparatus reagents, procedures, and some application. *Agricultural Hand Book 379*. Washington D. C.: U. S. Departement of Agriculture, U.S.A.
- Gonçalves, M. A. D., Gourley, K. M., Dritz, S. S, Tokack, M. D., Bello, M. N., DeRouchey, J. M., Woodworth, J. C. and Goodband, R. D. 2016. Effects of amino acids and energy intake during late gestation of high-performing gilts and sows on litter and reproductive performance under commercial conditions. *J. Anim. Sci. Vol. 94:1993–2003*.
- Goodband, R. D., Nelssen, J. L., Hines, R. H., Kropf, D. H., Thaler, R. C., Schrickler, B. R., Fitzner, G. E. and Lewis, A. J. 1990. The effects of porcine somatotropin and pakanary lysine on growth performance and carcass characteristics of finishing swine. *J. Anim. Sci. 68 (10): 3261-3276*.
- Goodband, R. D., Tokach, M. D., Dritz, S.S. and Nelseen, J. L. 1997. *The Kansas Swine Nutrition Guide*. K.U.
- Goodband, R. D., Tokart, M. D., Dritz, S. S. and Nelseen, J. L 2002. The effects of particle size on animal performance. *Feed Manufacturing Bulletin M.F.-2050*, K.S.U. Ag. Exp. Station.
- Goodband, B., DeRouchey, J., Tokach, M., Dritz, S. and Nelssen, J. 2006. A practical look at nutritional attempts to improve pork quality. *London Swine Conference Proceeding – Pairie Swine Centre. Thinking Globally, Acting Locally 5-6 April 2006. 125-139. [http://www.prairieswine.com/wp-content/uploads/2014/08/LSC2006_BGoodband2 .pdf](http://www.prairieswine.com/wp-content/uploads/2014/08/LSC2006_BGoodband2.pdf). Diunduh: 11-01-2018: 11.12.*
- Hagsten, I., Cline, T. R., Perry, T. W. and Plumlee, M. P. 1976. Salt supplementation on corn-soy diets for swine. *J. Anim. Sci. 42: 12-15*.
- Hahn, J. D., Biehl, R. R. and Baker, D. H. 1995. Ideal digestible lysine level for early- and late-finishing swine. *Abstract. J. Anim. Sci. 73 (3):773-784. doi:10.2527/1995.733773x. Diunduh: 25-10-2017: 12.45*.
- Hays, V. W., Ashton, G. C., Liu, C. H., Speer, V. C. and Catron, D. V. 1957. Studies on the Utilization of Urea by Growing Swine. *Abstract. J. Anim. Sci. 16 (1): 44-54. doi:10.2527/jas1957.16144x. Diunduh: 25-10-2017: 12.40*.
- Hecker, J. F. and Grovum, W. L. 1975. Rates of passage of digesta and water absorption along the large intestines of sheep, cows and pigs. *Aust. J. Biol. Sci. 28 (2): 161 – 168*.
- Herr, C.T., Yake, W., Robson, C., Kendall, D.C., Schinckel, A.P. and Richert B.T. 2000. Effect of Nutritional Level While Feeding Paylean™ to Late-Finishing Swine. *Swine Day/Purdue University/August 31, 2000*.

- Hill, G. M. 2006. Trace Minerals and Vitamins for Swine Diets. Michigan State University.
[http://www.usporkcenter.org/FileLibrary/External/USPCE/NSNG/NSNG-Vitamins%20and%20Trace%20Minerals\(1\).pdf](http://www.usporkcenter.org/FileLibrary/External/USPCE/NSNG/NSNG-Vitamins%20and%20Trace%20Minerals(1).pdf). 24-02-2017. Diunduh: 25-10-2017, 12.35.
- Huck, D. W. and Clawson, A. J. 1976. Cobalt toxicity in pigs. Abstract. *J. Anim. Sci.* 43: 253.
- Jacela, J.Y., DeRouchey, J.M., Tokach, M.D., Goodband, R.D., Nelssen, J.L., Renter, D.G., and Dritz, S.S. 2010. Feed additives for swine: Fact sheets – flavors and mold inhibitors, mycotoxin binders, and antioxidant. *J. of Swine Health and Production (January-February) Vol. 0: 27-32.*
- Jacela, J.Y., DeRouchey, J.M., Tokach, M.D., Goodband, R.D., Nelssen, J.L., Renter, D.G. and Dritz, S.S. 2010. Feed additives for swine: Fact sheets – high dietary levels of copper and zinc for young pigs, and phytase. *J. of Swine Health and Production (Marc-April 2010) Vol. 0: 88-99.*
- Jacela, J.Y., DeRouchey, J.M., Tokach, M.D., Goodband, R.D., Nelssen, J.L., Renter, D.G. and Dritz, S.S. 2010. Feed additives for swine: Fact sheets – prebiotics and probiotics, and phytonutrients. *J. of Swine Health and Production (May-June 2010) 0: 132-133*
- Jacela, J.Y., DeRouchey, J.M., Tokach, M.D. and Goodband, R.D. 2010. Feed additives for swine: Fact sheets – flavors and mold inhibitors, mycotoxin binders, and antioxidants. Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports, U.S.
- Jacela, J.Y., DeRouchey, J.M., Tokach, M.D., Goodband, Robert, D.P, Nelssen, J.L., Renter, D.G. and Dritz, S.S. 2010. Feed additives for swine: Fact sheets – high dietary levels of copper and zinc for young pigs, and phytase. *J. Swine Health Prod.* 18: 2:87–91.
- Ji, F., Wu, G., Blanton Jr, J. R. and Kim, S. W. 2005. Changes in weight and composition in various tissues of pregnant gilts and their nutritional implication. *J. Anim. Sci.* 83: 366-371
- Ji, F., Hurley, W. L. and Kim, S. W. 2006. Characterization of development in pregnant gilts. *J. Anim. Sci.* 84: 579-587
- Jin, S. S., Jung, S. W., Jang, J. C., Chung, W. L., Jeong, J. H. and Kim Y. Y. 2016. Effects of Dietary Energy Levels on the Physiological Parameters and Reproductive Performance of Gestating Gilts. *J. Anim. Sci.* 29 (7): 1004–1012. Published online Jun 6. PMID: PMC493257. doi: 10.5713/ajas.16.0269. Diunduh: 25-10-2017, 12.43.

- Jin, S. S. 2016. Effect of Energy Levels and Sources on Physiological Responses and Reproductive Performance in Sows. Dissertation. School of Agricultural Biotechnology, Graduate School, Seoul National University.
- Jongbloed, A. W. 1987. Phosphorus in the feeding of pigs: Effect of diet on the adsorption and retention of phosphorus by growing pigs. Instituut voor Veevoedingsonderzoek (I. V. V. O.), Lelystad. *library.wur.nl*.
- Jorgensen, H. and Fernandez, J. A. 2000. Chemical composition and energy value of different fat sources for growing pigs. *Acta Agric. Scand., Sect. A, Animal Sci.* 50: 129 – 136. <http://dx.doi.org/10.1080/090647000750014250>. Diunduh: 5-11-2017, 17.15.
- Jorgensen, H., and Fernández, J.A. 1983. Maintenance requirement and the net energy value of different diets for growth in pigs. *J. Livestock Prod. Sci.* Vol. 10: 487-506. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(83\)90076-3](https://doi.org/10.1016/0301-6226(83)90076-3). Diunduh: 24-08-2017, 00.36.
- Kemp, B. 1989. Investigations on breeding boars to contribute to a functional feeding strategy. Ph.D. Disertation Univ. of Wageningen, The Nenerlands. <http://edepot.wur.nl/201968#page=12>. Diunduh: 11-01-2018, 15.09.
- Kim, S. W., Hurley, W. L., Wu, G. and Ji, F. 2008. Ideal amino acid balance for sows during gestation and lactation. *J. Anim. Sci. Published Online First on December 19, as doi:10.2527/jas.2008-1452*. Diunduh: 20-08-2017, 21.10.
- Kim, 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.
- Kirkwood, R.N. and Aherne, F. X. 1985. Energy intake, body composition and reproductive performance of the gilt. *J. Anim. Sci.* Vol. 60 (6): 1518-1529.
- Kornegay, E.T., Miller, E. R., Ullrey, D. E., Vincent B. H. and Hoefler, J. A. 1965. Influence of dietary urea on performance, antibody production and hematology of growing swine. *J. Anim. Sci.* Vol. 24 (4): 951-954.
- Labussier, E., van Milgen, J., de Lange, C. F. M., and Noblet, J. 2011. Maintenance energy of growing pigs and calves are influenced by feeding level. *J. Nutr.* Vol. 141 (10): 1855 – 1861
- 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

- Le Bellego, L., van Milgen, J., Dubois, S. and Noblet, J. 2001. Energy utilization of low-protein diets in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 79: 1259-1271.
- Lloyd, L. E., McDonald, B.E. and Crampton, E.W. 1978. *Fundamental of Nutrition*. 2nd Ed. W.H. Freeman and Co. San Francisco.
- Main, R. G., Dritz, S. S., Tokach, M. D., Goodband, R. D. and Nelssen, J. L. 2008. Determining an optimum lysine: calorie ratio for barrows and gilts in a commercial finishing facility. *J Anim. Sci.* 86: 2190-2207.
- Manner, M. J. and McCrea, M. R. 1964. Estimates of the mineral requirements of 2-day weaned piglets derived from data on mineral retention of sow-reared piglets. *Ann. Zootech.* 13: 29-38.
- May, R. W. and Bell, J. M. 1971. Digestible and metabolizable energy values of some feeds for the growing pig. *Canadian J. Anim. Sci.* 51 (2) : 271-278.
- Mayo, R. M., Plumlee, M. P. and W. M. Beeson. 1958. Magnesium requirement of the pigs. *J. Anim. Sci.* 18: 264-273.
- McCracken, K. J. and Rao, D. S. 1991. Effect of energy intake on protein and energy metabolism of boars of high genetic potential for lean growth. *J. Anim. Sci.* 52 (3): 499-507.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A. and Wilkinson, R. G. 2010. *Animal Nutrition*. 7th Ed. Pearson Prentice Hall, Harlow, England.
- McKean, J. 2007. Feed Additives For Swine. Factsheet Pork Information Gateway, Iowa State University, U.S.A.
- McKean, J. 2007. Feed Additives For Swine. National Pork Board, U.S.A.
- McPherson, R. L., Wu, F. I. G., Blanton Jr. J. R. and Kim, S. W. 2004. Growth and compositional changes of fetal tissues in pigs. *J. Anim. Sci.* 82: 2534-2540.
- Merkel, R. A., Bray, R. W., Grummer, R. H., Phillips P. H. and G. Bohstedt. 1958. The influence of limited feeding, using high fiber rations, upon growth and carcass characteristics of swine. I. Effects upon feed-lot performance. *J. Anim. Sci.* 17 (1): 3-12.
- Miller, E. R. 1975. Utilization inorganic sulfate by growing-finishing swine. *Mich. Agric. Exp. Sta. Res. Rep.* 289: 100-104.
- Miller, E. R. 1980. Bioavailability of minerals and vitamins. *In Proc. Minnesota Nutrition Conference. St. Paul: University of Minnesota Press.* P 144.

- Miller, E. R., Ullrey, D. E., Zutaut, C. L., Hoefler, J. A. and Luecke, R. W. 1965c. Mineral balance studies with the baby pig. Effect of dietary manganese level upon calcium, phosphorus and magnesium balance. *J. Nutr.* 86: 209-212.
- Morgan, D. J., Cole, D. J. A., and Lewis, D. 1975. Energy value of pigs nutrition: 1. The relationship of digestible energy, metabolizable energy and total digestible values of a range of feedstuff. *J. of Agric. Sci.* 84 (1): 7 – 17.
- Moskutelo, I. I. 1970. Different amounts of lysine for boars. Foreign Title : Razlicnyj uroven' lizina v racione hrjakov. Abstract. Journal article: *Svinovodstvo* 1: 27-28.
- 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.
- Muirhead, S. 1998. Direct-fed Microbial, Enzyme & Forage Additive Compendium. Miller Publishing Co., Minnetonka.
- National Research Council (N. R. C.). 1998. Nutrient Requirements of Swine. 10th Ed. National Academy of Science. National Academy Press, U.S.A.
- National Research Council (N. R. C.). 2012. Nutrient Requirements of Swine. 11st Ed. National Academy of Science, The National Academies Press, U.S.A.
- Noblet, J. and Etienne, M. 1987. Metabolic utilization of energy and maintenance requirements in lactating sows. *J. Anim. Sci.* 64:774-781.
- Noblet, J., Fortune, H., Dubois, S., and Henry Y., 1989c. Nouvelles Bases D'Estimations Des Teneurs en Energie Digestible, Metabolisable et Nette Des Aliments Pour Le Porc. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris, France.
- Noblet, J., Dourmad, J. Y., and Etienne, M. 1990. Energy utilization in pregnant and lactating sows: Modeling of energy requirements. *J. Anim. Sci.* Vol. 68 (2): 562-572.
- Noblet, J., and Shi, X. S. 1993. Comparative digestibility of energy and nutrients in growing pigs fed ad libitum and adult sows at maintenance. *J. Livest. Prod. Sci.* 34:137–152.
- Noblet, J., and Perez, J. M. 1993. Prediction of digestibility of nutrients and energy values of pig diets from chemical analysis. *J. Anim. Sci.* 7:3389–3398.
- Noblet, J., Fortune, H., Shi X. S. and Dubois, S. 1994. Prediction of net energy value of feeds for growing pigs. *J. Anim. Sci.* 72:344-354.

- O'Grady, J. F., Elsley, F., W. H. MacPherson, M. and McDonald, I. 1973. The response of lactating sows and their litters to different dietary energy allowances. 1. Milk yield and composition, reproductive performance of sows and growth rate of litters. *J. Anim. Sci.* 17 (1): 65-74.
- Owen, K. Q., Nelssen, J. L., Goodband, R. D., Tokach, M. D., Kats, L. J. and Friesen, K. G. 1995. Added dietary methionine in starter pig diets containing spray-dried blood products. *J. Anim. Sci.* 73:2647-2654.
- Park, C. S., Son, A. R. and Kim, B. G. 2012. Prediction of gross energy and digestible energy in copra meal, palm kernel meal, and cassava root fed to pigs. *J. Anim. Sci.* 90: 221–223.
- Parker, G., Cromwell, G., Hays, V. and McKean, J, 1989. Feed Additives for Swine. Pork Industry Hand Book, Cooperative Extension Service. Michigan State University, 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.
- Patil, A. K., Baghel, R. P. S., Nayak, S., Malapure, C. D., Govil, K., Kumar, D. and Yadav, P. K. 2017. Cumin (*Cuminum cyminum*): As a feed additive for livestock. *JEZS.* 5 (3): 365-369
- Peo Jr., E.R. 1991. Calcium, phosphorus, and vitamin D in swine nutrition. Swine Nutrition. Butterworth-Heinemann Publishing. Pp: 165-182.
- Peter, J. R., Geary, T. M., Brooks, P. H., and Campbell, L. 1996. Use and effluent output of weaner pigs fed ad libitum with either dry pellets or liquid feed and the role of microbial activity in the liquid feed. *J. Food Agric. Sci.* 72: 8-16.
- Pon, W. G., Kwong, E., and Loosli, J. K. 1960. Effect of Level of Dietary Fat, Pantothenic Acid and Protein on Performance of Growing-Fattening Swine. *J. Anim. Sci.* 19 (4): 1115-1122.
- 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.
- Prunier; A., Bonneau, M. and Etienne, M. 1987. Effects of age and live weight on the sexual development of gilts and boars fed two planes of nutrition. *J. Reprod. Nur. Develop.* 27 (3): 869-700.

- Rao, D. S. and McCracken, K. J. 1991. Effect of energy intake on protein and energy metabolism of boars of high genetic potential for lean growth. *J. Anim. Sci.* 52 (3): 499-507.
- Reese, D. E. 1996. New Swine Nutrition Guide. Avail. University of Nebraska: National Swine Nutrition Guide
- Reese, D. E., Thaler, R. C., Brumm, M. C., Lewis, A. J. and Miller, P.S. 2000. Swine Nutrition Guide. Faculty Papers and Publications in Animal Science. 694. <http://digitalcommons.unl.edu/animalscifacpub>. Diunduh: 20-08-2017, 21.10.
- 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 nonruminant animals. *J. Anim. Sci.* 6: 1808-1837.
- Ren, P. 2016. Differential Gestation Feeding Levels On Sow And Litter Performance, Nutrient Digestibility And Energy Homeostasis. Dissertation. The Faculty Of The Graduate School Of The University Of Minnesota.
- Richer, B. T. 2007. Feed Additives for Swine. National Swine-Nutrition Guide, Purdue University, U.S.A.
- Richert, B. T. 2007. Feed Additives for Swine. National Swine-Nutrition Guide. U.S. Pork Center for Excellence, U.S.A.
- Richert, B. T. 2007. National Swine Nutrition Guide, Facsheet, Pork Information Gateway, Purdue University.
- Ricker, E. L., Brink, N. B., Koniuszy,, F. R., Wood, T. R. and Folker, K. 1948. Vitamin B12 cobalt complex. *Science* 108: 134.
- Robinson, P. H. and Old, C. A. 2014. Brief history of California alfalfa hay TDN equation. Verterinary Feedstuff Central (V. F. D. Central) News. www.feedstuff.com. Diunduh 21-08-2017, 23.10.
- Rosero, D. S. Boyd, R. D., Odle, J. and van Heugten, E. 2016. Optimizing dietary lipid use to improve essential fatty acid status and reproductive performance of the modern lactating sow: a review. *J. Anim. Sci. and Biotech.* 7: 1-18.
- Roth, F.X. and Kirchgessner, M. 1998. Organic acids as feed additives for young pigs: Nutritional and gastrointestinal effects. *J. Anim. and Feed Sci.* 7: 25 – 33.

- Sales, J. and Jancik, F. 2011. Effects of dietary chromium supplementation on performance, carcass characteristics, and meat quality of growing-finishing swine: A meta-analysis. *J. Anim. Sci.* 89:4054–4067.
- Samuelson, D. A. 2007. Textbook of Veterinary Histology. Saunders, 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., Cromwell, G. L. and Monegue, H. J. 1980. Effects of the dietary inclusion of copper and (or) antibiotics on the performance of weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 51: 1347-1351.
- Stahly, T. S. 1984. Use of fats in diets for growing pigs. Proceedings - Easter School in Agricultural Science, University of Nottingham. F. A. O.
- Stein, H. H., Sève, B., Fuller, M. F., Moughan, P. J. and de Lange, C. F. M. 2007. Amino acid bioavailability and digestibility in pig feed ingredients: Terminology and application. *J. Anim. Sci.* 85: 172-180.
- Strathe, A. V., .Strathe, A. B., Theil, P. K., Hansen, C. F. and Kebreab, E. 2015. Determination of protein and amino acid requirements of lactating sows using a population-based factorial approach. *Journal Animal* 9 (8): 1319–1328. UC Davis Previously Published. Online: <https://doi.org/10.1017/S1751731115000488>. Diunduh: 20-10-2017, 20.10.
- Sumadi, I. K., Suasta, I. M., Ariastawa I. P. P. dan Puger, A. W. 2016. Pengaruh ME/CP ratio ransum terhadap performans babi bali. *Majalah Ilmiah Peternakan* 19 (2): 77-79.
- Sumadi I. K., Gede Wijaya I. M., dan Puger A.W. 2015. Pengaruh suplementasi starbio dalam pakan dengan 40% dedak padi terhadap penampilan babi landrace. *Majalah Ilmiah Peternakan* 18 (1): 30-34.
- Taylor. R. E. and Field, T. G. 2004. Scientific Farm Animal Production. An Introduction to Animal Science. 8th Ed. Pearson Prentice Hall, New Jersey.
- Tess, M.W., Dickersen, G.E., Nienaber, J.A., and Ferrell, C.L. 1984. The Effects of Body Composition on Fasting Heat Production in Pigs. *J. Anim. Sci.* 58 (1): 99-110.

- Theil, P. K. . 2016. Amino acid requirements of sows nursing 13 to 14 piglets. Abstract. *J. Anim. Sci.* 95 (2). supplement, p. 23.
- Thomas, L. L. 2017. The Effects of Parity and Stage of Gestation on Whole Body and Maternal Growth and Feed Efficiency of Gestating Sows. Thesis. Department of Animal Sciences and Industry, College of Agriculture, University Missouri-Columbia, U.S.A.
- Uriola, P. E., Cervantes-Pahm, S. K. and Stein, H. S. 2013. Sustainable Swine Nutrition. 1st ed. John Wiley & Sons, Inc, U.S.A. Pp: 255-275.
- Uzu, G. 1979. Influence of the boar on the main productivity parameters of the herd and on the pregnancy length (pigs, Large White, fertility, prolificacy). *Annales de Zootechnie*, F. A. O.
- van Lunen, T. A. and Cole, D. J. A. 1996. The effect of lysine/digestible energy ratio on growth performance and nitrogen deposition of hybrid boars, gilts and castrated male pigs. Abstract. *J. Anim. Sci.* 63 (3): 465-475. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1357729800015368>, Diunduh: 20-10-2017, 20.30.
- van Soest, P. J. and McQueen, R. W. 1973. The chemistry and estimation of fiber. A Sym-phosium on fiber in human nutrition. *Proc. of Nutr. Soc.* 32: 123-139.
- Verstegen, M. W. A., Verhagen, J. M. F. and Den Hartog, L.A. 1987. Energy requirements of pigs during pregnancy: A review. *J. Livestock Prod. Sci.* 16 (1): 75-89. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(87\)90028-5](https://doi.org/10.1016/0301-6226(87)90028-5). Diunduh: 20-10-2017, 21.30.
- Wehrbein, G. F., Vipperman, Jr., P. E., Peo, Jr., E. R. and Cunningham, P. J. 1970. Diammonium Citrate and Diammonium Phosphate as Sources of Dietary Nitrogen for Growing-Finishing Swine. *J. of Anim. Sci.* 31: 327-332.
- Wenk, C. Pfirter, H. P. and Bickel, H. 1980. Energetic aspects of feed conversion in growing pigs. *Livestock Prod. Sci.* 7, (5): 483-495.
- Wenk. C. 2002. Growth promoter alternatives. *Proc. of 17th Int'l Pig Vet. Soc. Ames, I.A.*
- Wenk, C. 2002. Growth promoter alternatives after the ban of antibiotics. Institute of Animal Sciences, Nutrition Biology, E. T. H. Zurich, Switzerland. C. W. 29.7.2002 - EAAP – 3.9.2002.
- Wenk. C. 2003. Herbs and botanicals as feed additives in monogastric animals. *Asian Aust. J. Anim. Sci.* 16 (2) : 282-289.

- White, M., Pettygrew, J., Zollitsch-Stelzl, J. and Crooker, B. 1993. Chromium in swine diets. *Proc. 54th Minn. Nutr. Conf. and Nat. Renderers Tech. Symp.* Pp: 251-261.
- Whiteker, M. D., Hays, V. W. and Parker, G. R. 1977. Feed Aditives for Swine. Ext. Bull. E-1156. Pork Industry Hand Book, Cooperative Extension Service, U.S.A.
- Whiteker, M. D., Hays, V. W. and Parker, G. R. 1977. Feed Additives for Swine. Pork Industry Hand Book, Cooperative Extension Service. Michigan State University, U. S. A.
- Whittemore, C. T. 1983. Development recommended of energy and protein allowance for young pigs. *Agric. Sys. 11 (3): 159-186.*
- Whittemore, C. T. and Yang, H. 1989. Physical and chemical composition of the body of breeding sows with differing body subcutaneous fat depth at parturition, differing nutrition during lactation and differing litter size. *J. Anim. Sci. 48 (1): 203-212.*
- Whittemore, C. T. and Morgan, C. A. 1990. Model components for the determination of energy and protein requirements for breeding sows: a review. *Livestock Prod. Sci., 26 (1): 1-37*
- Wolff, A., Harell, D., Gadoth, N. and Mass, E. 2002. Oral surgery: Oral medicine, *J. of Oral Pathology and Endodontics: 94: 315-319.*
- Wu, G., Meler, S. A. and Knabe, D. A. 1996. Dietary glutamine supplementation prevents jejunal atrophy in weaned pigs. *J. Nutr. 126: 2578-2584.*
- Wu, F., Johnston, L. J., Urriola, E. and Shurson, G. C. 2016. Pork fat quality of pigs fed distillers dried grains with solubles with variable oil content and evaluation of iodine value prediction equations. *J. Anim. Sci. 94:1041–1052.*
- Wu, G., Bazer, F. W., Dai, Z., Li, D., Wang, J. and Wu, Z. 2014. Amino Acid Nutrition in Animals: Protein Synthesis and Beyond. *Annu. Rev. Anim. Biosci. 2:387–417.*
- Young, A. N. 2016. Fayetteville Effects of Amino Acid Supplementation of Reduced Crude Protein (RCP) Diets on the Performance and Carcass Quality of Growing/Finishing Swine. Thesis. Master of Science in Animal Science University of Arkansas. <http://scholarworks.uark.edu/etd>. Diunduh: 30 November, 2016.

Zhang, G. F., Liu, D. W. and Li, D.F. 2014. Estimation of the net energy requirements for maintenance in growing and finishing pigs. *J. Anim. Sci.* Vol. 92 (7): 2987-2995.

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.