

636.085
Yun
n

NUTRISI PAKAN UNGGAS BIBIT

DPT-PUSTAK-UNDIP	
No. Daft.	82/R1/FP/4
Tgl.	8 Des '04

V. DWI YUNianto Bl., LKM *)



JURUSAN NUTRISI DAN MAKANAN TERNAK
FAKULTAS PETERNAKAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

*) Ir (Undip); MS (Unpad); M.Sc (Kagoshima, Jepang); Ph.D (Kagoshima, Jepang)

Makalah disampaikan pada Pendidikan dan Pelatihan Pengawas Mutu Bibit Unggas Propinsi Jawa Tengah Tahun 2001 Angkatan II (19 Maret - 6 April 2001)

NUTRISI PAKAN UNGGAS BIBIT

Oleh :

V. Dwi Yunianto BI., LKM *)

Staf Pengajar

Jurusan Nutrisi dan Makanan Ternak,

Fak. Peternakan UNDIP

PENDAHULUAN

Pembangunan di bidang perunggasan yang dulu telah mengalami jaman keemasan, saat ini mempunyai tantangan yang cukup berat akibat adanya krisis moneter yang masih terus berkelanjutan sehingga mempunyai dampak negatif bagi perkembangan usaha peternakan unggas di Indonesia. Melihat kenyataan seperti ini, sangat diharapkan bahwa kegiatan di bidang peternakan bukan merupakan usaha yang hanya dilakukan oleh para peternak saja, namun selalu ada keterkaitan dengan usaha tani lainnya yaitu secara kompleks / terpadu. Hal ini akan memberikan wacana bahwa suatu kegiatan di bidang peternakan haruslah pula dapat mengerti suatu konsep "pemahaman dan pembinaan yang terpadu" bagi pengembangannya.

Sebagaimana telah diketahui, salah satu faktor yang sangat penting dalam usaha meningkatkan keberhasilan terhadap produktifitas ternak adalah ketersediaannya pakan yang cukup serta kontinyu sepanjang tahun yaitu dengan peningkatan penyediaan kuantitas maupun kualitas pakannya.

Mahalnya harga pakan yang ada di masyarakat, seperti bahan pakan jagung, bungkil kedele dan tepung ikan menyebabkan kondisi peternakan belum bisa seperti pada masa kejayaan yang lalu.

Hal ini dikarenakan harga pakan merupakan cermin paduan harga dari bahan-bahan pakan yang digunakan. Biaya pakan ini dapat mencapai 60-70% dari total biaya produksi.

*) Ir (Undip); MS (Unpad); M.Sc (Kagoshima, Jepang); Ph.D (Kagoshima, Jepang)

Keterbatasan-keterbatasan ini akan berlangsung terus-menerus, apabila tidak ada pendekatan dalam menjalin suatu keterpaduan dengan subsektor lain di sektor pertanian.

Didasarkan pada hal-hal tersebut di atas, potensi-potensi yang ada dan tidak bersaing dengan kebutuhan manusia perlu terus digali. Selain itu pula, suatu usaha dan niat yang besar dalam penyusunan pakan sendiri dari berbagai bahan lokal yang ada di masyarakat akan sangat membantu tetap utuhnya usaha peternakan yang dijalaninya. Dalam kondisi seperti ini, maka langkah yang diambil adalah meningkatkan efisiensi, di mana dari pakan yang diberikan akan memberikan hasil yang optimal.

ARTI PAKAN DAN ANALISIS PROKSIMAT

Dalam dunia perunggasan secara umum sesuatu yang diberikan pada unggas untuk memenuhi kebutuhan pada proses pertumbuhan, produksi, reproduksi dan hidup pokok dikenal dengan istilah ransum dan ini merupakan campuran dari berbagai bahan makanan termasuk konsentrat. Sesuatu yang diberikan ini tentunya mengandung sejumlah zat-zat nutrisi yang diharapkan dapat memenuhi untuk kebutuhan energi dan fungsi-fungsi faali tersebut di atas. Definisi secara umum dari ransum adalah makanan yang disediakan bagi hewan untuk 24 jam, dalam bentuk dapat dicerna seluruhnya atau sebagian dan dapat digunakan oleh hewan tersebut, tanpa mengganggu kesehatannya; di sini sangat diperhatikan terhadap jumlah maupun kualitas nutrisinya. Bahan-bahan makanan yang telah memenuhi syarat-syarat yang sesuai kebutuhan unggas dikenal dengan nama pakan unggas. Untuk mengerti lebih dalam yang tercakup dalam pengertian nutrisi pada bahan-bahan pakan seperti butir-butiran dan hasil ikutannya menjadi suatu produk seperti daging dan telur, perlu menerapkan prinsip-prinsip ilmu nutrisi dalam produksi unggas. Menurut pengertian secara khusus (Scott, 1976) yang disitasi oleh Juju Wahyu (1997), ilmu nutrisi adalah suatu proses untuk melengkapi sel-sel dalam tubuh hewan dengan bagian

yang berasal dari luar yang telah merupakan persenyawaan-persenyawaan kimia yang diperlukan untuk fungsi optimum dari banyak reaksi-reaksi kimia dalam proses metabolisme, termasuk proses-proses pertumbuhan, hidup pokok, kerja, produksi dan reproduksi. Beberapa ilmu pengetahuan seperti ilmu kimia dan ilmu faal, mempunyai andil yang cukup besar bagi perkembangan ilmu nutrisi.

Penggolongan secara umum zat-zat nutrisi dalam bahan pakan seperti protein, hidrat arang (karbohidrat) termasuk serat kasar dan bahan ekstrak tanpa nitrogen, lipida (lemak), zat-zat vitamin serta bahan anorganik yang sering disebut pula dengan mineral selain itu juga adanya komponen air. Pembagian komponen-komponen ini sering disebut pula dengan *Analisis Proksimat Weende*. Di dalam pengertian yang lebih dalam di antara kelompok zat-zat nutrisi tersebut terdapat adanya **antarhubungan**, selain itu ada sebagian dari zat-zat nutrisi tersebut mengalami suatu konversi ke dalam bentuk zat-zat nutrisi yang lain. Di samping itu adanya suatu pengertian bahwa kebutuhan zat nutrisi dipengaruhi oleh penyediaan zat nutrisi lain.

Protein

Termasuk dalam kelompok sebagai zat pembangun, merupakan esensial bagi kehidupan karena merupakan protoplasma aktif dalam sel hidup. Protein merupakan bagian terbesar dari urat daging, alat-alat tubuh, tulang rawan dan jaringan ikat serta jaringan-jaringan luar lainnya seperti rambut, bulu, kuku dan tanduk. Fungsi protein bagi tubuh antara lain :

- a) untuk memperbaiki jaringan yang rusak;
 - b) pertumbuhan jaringan baru;
 - c) penyusun enzim-enzim dan hormon-hormon tertentu;
 - d) metabolisme untuk energi (manakala konsumsi proteinnya berlebihan) serta
 - e) penyusun zat kekebalan.
- Hewan berbeda dengan tanaman tidak dapat membuat asam-asam amino sendiri, sehingga keberadaan protein (asam-asam amino) harus disuplai dari pakan.

Karbohidrat

Sebagai sumber energi utama bagi tubuh, karbohidrat mempunyai peranan yang vital. Pemberian pakan yang kaya akan karbohidrat, akan memberikan dampak terhadap penimbunan energi bagi tubuh dalam bentuk lemak tubuh. Energi tersebut digunakan untuk pemeliharaan tubuh (kebutuhan hidup pokok), gerak otot, sintesis jaringan-jaringan baru, aktivitas kerja dan lain-lain. Ternak ruminansia umumnya tidak banyak mengalami kesulitan apabila pakan yang diberikan dalam bentuk kaya akan serat kasar. Hal ini karena adanya jasad renik atau mikrobial dalam saluran pencernaannya dan sebaliknya pada ternak non-ruminansia. Sedangkan bahan ekstrak tanpa nitrogen meliputi pati dan berbagai macam gula, proses pencernaan pada semua ternak tidak banyak mengalami kesulitan.

Lemak

Lemak dalam pakan mempunyai peranan yang istimewa atau penting karena : a) menambah tingkat efisiensi akan penggunaan pakan (terutama pada ternak non-ruminansia); b) menambah palatabilitas; c) sebagai sumber tenaga yang lebih tinggi dari karbohidrat; d) mempengaruhi penyerapan vitamin A serta karoten dalam saluran pencernaan; e) selain itu mengandung vitamin yang larut dalam lemak (seperti vitamin A, D, E dan K) dan f) mempunyai peranan dalam penyerapan kalsium.

Vitamin

Vitamin juga mempunyai peranan yang penting bagi tubuh hewan, walaupun dibutuhkan dalam jumlah yang sedikit. Peranan ini berkaitan dalam pengaturan pada berbagai proses di dalam tubuh, seperti untuk :

a) pertumbuhan; b) produksi; c) reproduksi maupun d) menjaga kesehatan. Kekurangan akan vitamin dalam pakan, dapat menyebabkan adanya kematian pada ternak. Penyakit yang timbul akibat tidak adanya vitamin

tertentu dalam pakan, disebut dengan *avitaminosa*. Sedangkan apabila dalam pakan kekurangan akan vitamin, disebut dengan *hipovitaminosa*. Secara umum vitamin ini dibagi menjadi dua kelompok, yaitu:

- a) yang larut dalam air seperti vitamin B kompleks (B1 sampai B12) dan C (asam ascorbic). Vitamin-vitamin ini selain mengandung unsur-unsur C (zat carbon), H (zat hydrogen) dan O (zat oxygen) juga mengandung unsur-unsur lainnya seperti N (nitrogen), Co (kobalt), P (fosfor), S (sulfur) dan Cl (khlor). Beberapa contoh bahan pakan yang mengandung vitamin ini, seperti susu dan hasil ikutannya, ragi bir, butir-butiran, hati, kuning telur, rumput kering, sayuran, bungkil kacang tanah, tetes, preparat komersial, hijauan yang banyak mengandung daun dan lain-lain.
- b) yang tidak larut dalam air tetapi larut dalam lemak seperti vitamin A, D, E dan K. Vitamin-vitamin ini hanya mengandung unsur-unsur C, H dan O. Beberapa contoh bahan pakan yang mengandung sumber vitamin yang larut dalam lemak ini antara lain, seperti jagung kuning, kuning telur, hati, hijauan, minyak hati ikan, kacang tanah, biji kapas, preparat komersial, tepung ikan dan lain-lain.

Mineral

Ternak secara umum membutuhkan sekurang-kurangnya sekitar 13 macam mineral dalam campuran pakannya, untuk memenuhi kebutuhan tubuhnya seperti Ca (kalsium), P (fosfor), K (kalium), Na (natrium), Cl (khlor), Mn (mangan), Mo (molibdenum), Mg (magnesium), Zn (seng), Fe (besi), Cu (tembaga), Se (selenium), I (iodium), Cr (khrom). Zat mineral yang dibutuhkan dalam jumlah banyak dibandingkan dengan lainnya adalah Ca dan P terutama berkaitan dengan pertumbuhan tulang. Sedangkan fungsi untuk mengatur keserasian faali tubuh, berkaitan dengan unsur mineral Na, K, Cl bersama-sama dengan P dan bikarbonat. Secara umum fungsi dari

zat mineral adalah a) membentuk bagian dari kerangka, gigi dan hemoglobin; b) mempertahankan keseimbangan asam-basa yang tepat dalam cairan tubuh dan ini sangat esensial untuk proses kehidupan; c) mempertahankan tekanan osmotik selular yang diperlukan untuk pemindahan zat-zat makanan melalui selaput sel; d) mencegah kekejangan; e) ada hubungannya dengan vitamin tertentu dalam pembentukan tulang; f) ada hubungannya dengan bagian dari fungsi hormon atau enzim maupun sebagai pengaktif enzim dan ini umumnya dimasukkan dalam golongan zat-zat mineral mikro. Gejala defisiensi mineral, umumnya dapat diatasi dengan mudah dengan penambahan mineral dalam campuran pakannya. Gejala defisiensi mineral dapat diketahui dengan suatu tanda-tanda umum antara lain seperti kehilangan pertambahan bobot badan dan penurunan produksi telur.

Air

Air mempunyai peranan yang sangat vital bagi proses kehidupan ternak, karena air merupakan salah satu penyusun jaringan tubuh yang sangat penting. Suatu data persentase komposisi dari tubuh hewan menunjukkan bahwa kadar air menurun dengan meningkatnya umur hewan tersebut. Variasi pada umur tertentu disebabkan terutama oleh keadaan gizi makanan seperti yang terlihat dalam penimbunan lemak, pada hewan yang terlalu gemuk mempunyai sebanyak 40% air. Fungsi air dalam tubuh antara lain : a) untuk pengedaran zat-zat gizi dari jaringan dan alat tubuh yang satu ke jaringan dan alat tubuh yang lain, b) berperan dalam pengaturan suhu tubuh ternak serta dalam pertukaran zat.

BENTUK FISIK, JENIS DAN MACAM PAKAN PADA UNGGAS

Bentuk fisik bahan pakan pada kelompok unggas dikenal secara umum seperti :

- a) Bahan pakan berbentuk butiran, antara lain kacang-kacangan, jagung, sorghum, beras dan lain-lain.
- b) Bahan pakan berbentuk tepung, antara lain tepung ikan, tepung tulang, dedak halus dan lain-lain.
- c) Bahan pakan berbentuk cairan, antara lain minyak kelapa, tetes, minyak ikan dan lain-lain.

Menurut jenis pakannya dapat dikelompokkan menjadi beberapa istilah :

Grain, yaitu pakan yang diberikan dalam bentuk murni biji-bijian.

Meal, yaitu pakan yang diberikan dalam keadaan sudah digiling.

Mash, yaitu pakan yang diberikan campuran dari beberapa *meal*

Pellet, yaitu pakan bentuk *mash* yang dibuat seperti butiran-butiran melalui proses yang disebut dengan *pelleting* dengan ukuran 5 – 8 mm.

Crumbs/crumble, yaitu bentuk *pellet* yang dibuat dalam ukuran lebih kecil lagi sekitar 3 mm.

Adanya spesifikasi pada masing-masing jenis pakan tersebut di atas, sebaiknya pemakian yang akan diterapkan harus disesuaikan dengan tujuan dan skala produksi yang direncanakannya. Hal ini akan memberikan manfaat ganda, selain menghemat biaya produksi juga akan lebih efisien.

Berdasarkan macamnya pakan secara umum dapat dibedakan menjadi beberapa, yakni sebagai berikut :

- a) *Chick Mash / Starter Mash*, yaitu pakan yang diberikan pada ayam petelur mulai saat menetas sampai sekitar 8 minggu. Biasanya berbentuk tepung.
- b) *Grower Mash*, yaitu pakan yang diberikan pada ayam petelur berumur antara 9 – 20 minggu dan biasanya berbentuk tepung.
- c) *Layer Mash/Complete Layer*, yaitu pakan yang diberikan pada ayam petelur berumur produksi dan biasanya berbentuk tepung.
- d) *Broiler Starter*, yaitu pakan yang diberikan pada ayam pedaging berumur muda – 4 minggu dan biasanya berbentuk tepung atau butiran.

- e) *Broiler Finisher*, yaitu pakan yang diberikan pada ayam pedaging berumur 5 minggu - 42 hari (saat dipanen) dan biasanya berbentuk tepung atau butiran.
- f) *Breeder Mash*, yaitu pakan untuk ayam bibit berbentuk tepung dan biasanya dibedakan dalam *Starter*, *Grower* dan *Layer*.

PAKAN UNGGAS

Beberapa bahan baku pakan yang dapat digunakan dalam campuran pembuatan pakan untuk unggas dan tidak banyak bersaing dengan kebutuhan manusia, antara lain : cacing tanah, bekicot, tepung pupa (dari enthong ulat sutera), talas dan lain-lain. Selain itu, bahan baku limbah dapat pula digunakan dalam salah satu campuran penyusun pakan seperti *litter* ayam (alas kandang ayam meliputi sekam padi yang tercampur dengan sisa-sisa pakan) dan dedak padi baik yang belum maupun yang telah difermentasi (dengan ditambahkan cairan rumen atau bolus dan diperam beberapa minggu), ampas tahu, bulu unggas, kotoran ternak, sampah (sampah restoran serta rumah tangga) dan lain-lain. Khusus untuk sampah ini, banyaknya logam dan barang lainnya yang cukup berbahaya (seperti tusuk gigi dll) tercampur aduk perlu ekstra hati-hati dalam pemberiannya pada ternak. Kekurang hati-hati dalam memberikannya, dapat menyebabkan kematian bagi ternak yang bersangkutan.

Tingginya harga bahan baku pakan yang berupa tepung ikan dipasaran, sebenarnya dapat diusahakan sendiri secara sederhana (sekala rumah tangga). Pembuatan tepung ikan ini, pada dasarnya dapat menggunakan dari berbagai jenis ikan yang ada. Namun yang menjadi perhatian kita bersama, sebaiknya untuk menjaga kualitas dari produk yang dihasilkan bahan baku harus dari jenis ikan yang seragam atau dapat juga dari berbagai jenis ikan asal proporsi jumlahnya sama. Beberapa tahapan pembuatan tepung ikan sebagai berikut : a) **Pemasakan**. Pemasakan dapat dilakukan pada suhu antara 90-100°C selama kurang lebih 30 menit. Tujuannya adalah untuk mengkoagulasikan protein, sekaligus juga untuk memudahkan dalam

proses-proses tahapan berikutnya dengan pecahnya dinding sel akibat pemasakan ini. Selain tersebut di atas, pada proses ini mempunyai tujuan pula untuk mematikan atau membunuh kuman-kuman pembusuk atau mikroorganisme lain yang berbahaya bagi ternak yang mengkonsumsinya. Umumnya dilakukan dengan cara "*steam cooking*". b) **Pengepresan.** Tujuan dalam proses ini adalah untuk mengeluarkan air dan minyak yang ada pada tubuh ikan tersebut, sehingga didapatkan ikan yang bersih dengan warna yang cerah dan tidak mudah rusak. Hasil pengepresan ini dapat digunakan sebagai minyak ikan. c) **Pengeringan.** Proses ini dilakukan untuk mendapatkan kadar air kurang dari 10%, sehingga bisa tahan lama masa simpannya. Pengeringan dapat dilakukan di bawah sinar matahari, atau dengan menggunakan "*air dryer*". d) **Penggilingan.** Proses ini dilakukan untuk mendapatkan produk bentuk tepung.

Beberapa faktor yang dapat dipakai untuk menekan biaya pakan berkaitan dengan pengadaan pakan, adalah :

a) **Pemilihan bahan pakan.** Pilihlah bahan pakan yang tidak tercemar dengan suatu senyawa organik yang beracun seperti "*mikotoksin*", di mana racun ini banyak terdapat pada bahan pakan yang berasal dari pertanian seperti jagung, kacang tanah, sorghum dan biji-bijian lainnya. Pilihan ini termasuk pada tingkat harga yang murah dan tersedia banyak di masyarakat serta tetap memperhatikan kualitas maupun tingkat palatabilitas (kesukaan ternak) terhadap bahan pakan tersebut, kecuali pada ternak unggas. Namun perlu diketahui bahwa harga bahan-bahan pakan yang cukup mahal, belum tentu mahal menurut kandungan nutrisinya. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam masalah ini antara lain pengetahuan tentang kebutuhan zat-zat nutrisi dalam pakan dari ternak yang bersangkutan (*feeding standard*), pengetahuan tentang komposisi kimia pakan, menghitung dan merangkum bahan pakan. Secara sederhana nilai nutrisi pakan atau "*nutritive value*" dari pakan dapat dinilai dari besarnya penambahan bobot badan yang disebabkan oleh satu unit pakan yang dikonsumsinya. Di mana besar atau kecilnya efisiensi terhadap penggunaan

pakan ini ditentukan oleh tiga faktor yaitu : konsumsi pakan (*feed intake*), bagian dari pakan tersebut yang dapat dicerna (*digestibility*) dan penggunaan zat-zat pakan yang dapat dicerna tersebut menjadi produksi (*utilization*).

b) Teknik formulasi pakan. Langkah ini sangat penting artinya untuk mendapat suatu rumusan atau formula yang tepat yang akan diberikan pada ternak. Beberapa metode yang sering digunakan adalah metode segi empat (*Square-method* dari Pearson), metoda coba-coba (*trial & error*), metoda aljabar atau secara matematis sederhana dan dapat pula dengan komputer program *linear programming*.

c) Teknik pembuatan atau mencampur pakan.

*) Secara manual, yaitu teknik mencampur dengan menggunakan sekop (umumnya dilakukan dengan empat tahapan) dan menggunakan drum.

*) Secara mekanis (*feedmill*), yaitu seperangkat alat-alat berat yang dirangkai dalam suatu kondisi yang terpadu dan kompleks untuk membuat pakan. Biasanya dipasang di pabrik-pabrik pakan yang kapasitas produksinya dari menengah ke atas.

Suatu usaha untuk memperpanjang usia kualitas bahan pakan atau pakan, sangat diperlukan suatu sentuhan unsur teknologi. Sentuhan-sentuhan tersebut antara lain :

a) Pengawetan, yaitu suatu usaha yang dilakukan untuk mempertahankan agar kualitas dapat bertahan lama. Namun, apabila terjadi perubahan kualitas tidak banyak berbeda dengan kondisi awalnya.

b) Pengolahan, dapat dilakukan dengan beberapa metoda yang telah umum dilakukan, antara lain :

*) Pengolahan secara fisis. Cara ini dilakukan dengan pemanasan tertentu atau pakan dibuat dalam bentuk pellet.

*) Pengolahan secara biologis. Cara ini mempunyai tujuan utama selain untuk mengubah struktur fisik juga meningkatkan atau memperkaya bahan pakan berserat dengan protein mikrobial.

c) Pengemasan atau pengepakan. Suatu upaya dalam mengatasi adanya kerusakan terhadap bahan pakan atau pakan. Kerusakan ini dapat berlangsung secara spontan, tetapi acapkali disebabkan oleh lingkungan luar dari pengemasan atau pengepakan. Kerusakan-kerusakan ini dapat dibedakan atas beberapa hal, yaitu :

*) Kerusakan yang disebabkan oleh sifat alamiah dari produk tersebut. Ini bisa terjadi seperti perubahan fisik, kimiawi, biologi maupun biokimia.

*) Kerusakan mekanis, yaitu adanya perubahan kadar air bahan pakan atau pakan, absorpsi dan interaksi dengan oksigen (udara), adanya kehilangan atau penambahan cita rasa yang tidak diinginkan.

d) Penyimpanan. Di dalam proses penyimpanan bahan pakan dan hasil ikutannya, peranan *kadar air* pada bahan pakan dan hasil ikutannya merupakan faktor yang sangat penting. Walaupun kondisi kadar air sudah minimum, namun kadang pula bahan pakan tersebut masih mengalami kerusakan. Hal ini jelas dapat diduga adanya faktor-faktor lainnya yang berpengaruh pada saat dilakukan penyimpanan, antara lain kelembaban udara di mana bahan pakan tersebut dilakukan penyimpanan. Dengan demikian, di sini akan timbul adanya keseimbangan kelembaban udara dalam ruangan dengan kadar air yang ada pada bahan pakan tersebut. Faktor yang lain adalah *temperatur*, di mana temperatur yang rendah akan memberikan hasil yang baik terhadap kualitas bahan pakan yang disimpan. Sebaliknya, pada temperatur yang tinggi (panas) akan cepat menimbulkan adanya kerusakan karena akan mempercepat terjadinya reaksi kimia. Jadi dengan demikian, biji-bijian/bahan pakan yang berkadar airnya tinggi tidak baik di simpan pada saat musim panas dan akan selamat apabila di simpan pada suhu buatan

yang lebih rendah, atau penyimpanannya dilakukan pada saat musim dingin.

PEMBERIAN PAKAN UNGGAS

Penyusunan pakan yang baik mempunyai suatu tujuan untuk memperoleh pertambahan bobot badan serta produksi telur yang optimum, dengan tetap memperhatikan tingkat protein, energi, pertumbuhan dan harganya. Jumlah pakan yang dikonsumsi sangat beragam tergantung pada beberapa faktor, antara lain seperti kualitas pakan, keadaan lingkungan, jenis kelamin, strain, kondisi kesehatan, besar, umur, aktivitas dan tingkat produksi telur khususnya pada tipe petelur.

Dalam pembahasan berikut hanya akan difokuskan pada pakan ayam. Secara umum dalam pemberian pakan ayam dikenal dengan dua metode, yaitu *everyday basis* dan *skip-a-day*. Metode *everyday basis* adalah suatu metoda pemberian pakan ayam, yang dilakukan setiap hari di mana ayam cukup mendapatkan kebutuhannya dan sering digunakan pada pemeliharaan ayam broiler dan petelur (*commercial layer*). Metoda *skip-a-day* suatu metoda di mana ayam tidak setiap hari mengkonsumsi pakan, tetapi setiap dua hari sekali kecuali air minum dan metoda ini sering digunakan pada pemeliharaan ayam bibit (*breeding hens*). Pengetrapan metoda *skip-a-day* pada ayam bibit, sangat berhubungan dengan pembatasan bobot badannya. Kelebihan bobot badan pada ayam bibit, akan sangat erat hubungannya dengan rendahnya kualitas dan produksi telur tetasnya. Kualitas pakan yang diberikan pada ayam sangat berpengaruh terhadap konsumsi pakannya.

Waktu pemberian pakan pada tingkat pemula (*starter*), tidak boleh dilakukan sebelum ayam diberi minum. Pemberian air minum ini dilakukan dengan menggunakan air yang tidak terlalu dingin ($\pm 16-20^{\circ}\text{C}$). Untuk menghindari adanya rasa stress pada anak-anak ayam,

selama 12 jam pertama pemberian air minum sebaiknya ditambahkan sebanyak 50 gram gula dan 2 gram vitamin C dalam setiap 1 liter air minum. Selama beberapa hari ini pemberian pakan dapat dilakukan dengan menaburkan pada tempat (*box*) kandangnya, namun sisa pakan harus diambil setiap pagi dan jangan ditaburkan pada alas kandang (*litter*) karena sangat berbahaya bagi kesehatan anak ayam tersebut. Defisiensi protein yang ringan dapat menyebabkan adanya penurunan besar telur, sedang defisiensi yang berat akan berakibat produksi telur menjadi sangat menurun dan akhirnya akan berhenti sama sekali. Penilaian terhadap pakan dari sudut kandungan protein kasar saja, tidak dapat lama dipertahankan. Pakan ayam yang baik adalah pakan yang mengandung zat-zat nutrisi yang disertai dengan adanya keseimbangan kandungan asam-asam amino, vitamin dan mineral. Asam-asam amino adalah unit dasar dari struktur protein, yang mana protein ini sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan, penggantian sel-sel tubuh ayam, produksi telur dan merupakan penyusun enzim.

1. Ayam Buras

Ayam buras dan ayam ras apabila dilihat selayang pandang kelihatan cukup mirip, namun secara teliti bentuk fisiknya beda seperti bentuk tubuhnya. Walaupun demikian, ada persamaan yang bisa dikaji yaitu apa yang dimakan ayam ras tentu dapat dikonsumsi oleh ayam buras. Berkaitan dengan ini, kemungkinan pola konsumsinya berbeda apabila sistem pemberian pakannya dilakukan secara prasmanan sehingga akhirnya menimbulkan perbedaan pada tingkat produksi. Laporan-laporan hasil penelitian terhadap kebutuhan nutrisi pada ayam buras masih sangat sedikit, akan tetapi hal yang sangat penting kebutuhan nutrisi ayam buras tetap harus terpenuhi pada tingkat dasar.

2. Ayam Pedaging (*Broiler*)

Ayam broiler dalam masa pemeliharaan sesuai dengan tujuannya, ayam dapat mencocokkan konsumsi pakannya dalam mendapatkan energi yang cukup untuk mencapai pertumbuhan maksimum dengan jarak kebutuhan energi metabolis 2800-3400 kkal/kg ransum. Kebutuhan proteinnya untuk pre-starter (0-2 minggu) antara 23,2 - 26,5 %; starter (2-6 minggu) antara 19,5 - 22,7%; finisher (6 minggu-dipasarkan) antara 18,1 - 21,2%. Jumlah pemberian pakan umumnya tidak dibatasi (*ad libitum*), untuk mendapatkan produksi daging yang banyak dalam waktu yang relatif singkat.

3. Ayam Petelur (*Commercial layer*)

Ayam petelur dalam masa pemeliharaan sesuai dengan tujuannya, berbeda dengan ayam broiler dalam konsumsi pakannya agar mendapatkan energi yang cukup untuk mencapai produksi maksimum. Istilah *ad libitum* pada ayam petelur (*layer-growing & laying*) sangat jarang dilakukan, umumnya kebutuhan energi metabolisnya pada tingkat paling rendah (2600 kkal/kg ransum) lebih rendah daripada kebutuhan energi pada ayam broiler. Hal ini disebabkan kecepatan pertumbuhan pada ayam muda petelur berkaitan dengan penimbunan lemak, tidak dirasakan sangat penting. Kebutuhan proteinnya untuk umur 0-6 minggu (*layer-growing*) antara 18 - 21 %; umur 6-14 minggu berkisar 15%; umur 14-20 minggu berkisar 13-14%. Selama masa berproduksi (*laying*) apabila pakan yang diberikan kurang dari porsi kebutuhannya, kondisi ayam akan cepat menurun. Iklim yang berbeda yaitu iklim dingin dan iklim panas, sangat mempengaruhi tingkat kebutuhan terhadap protein dan energi. Kondisi iklim dingin dengan tingkat energi metabolis 2600 - 3350 kkal/kg ransum, kebutuhan protein yang disarankan antara 15 - 19%. Sebaliknya pada iklim panas dengan

tingkat energi metabolis 2600 - 3350 kkal/kg ransum, kebutuhan proteinnya adalah 16,5 - 21%.

4. Ayam Bibit (*Breeding hens*)

Seperti halnya pada ayam petelur muda dan ayam dara (*pullet*) pada ayam petelur komersial (*commercial layer*), perlakuan masa sebelum berproduksi pada ayam bibit (*breeding hens*) pada prinsipnya sama. Selama masa periode ini, perlakuan yang tepat akan sangat membantu kesuksesan langkah berikutnya. Sesuai dengan tujuan utamanya menghasilkan telur tetas berkualitas tinggi, kadang pula pada masa periode ini terjadi apa yang dikenal dengan nama "*prolapse*" yaitu keadaan berubahnya letak suatu organ atau struktur, contohnya rektum atau organ reproduksi betina yang berubah letak sehingga ada tampak dari luar. Keadaan seperti ini biasanya mempercepat ayam bertelur lebih awal (*too early maturity*), sehingga produksi telur di bawah standar yaitu relatif lebih kecil. Hal ini sering terjadi pada ayam betina yang banyak menghasilkan telur.

Sedangkan pada masa berproduksi, pemberian pakannya sama dengan ayam petelur komersial kecuali pada tingkat kandungan energi yang lebih rendah.

KEBUTUHAN ZAT-ZAT NUTRISI PAKAN AYAM BIBIT

Tingginya pemberian protein dari batasan yang ditentukan dalam pakan, akan menyebabkan kurang efisiennya nilai pakan tersebut. Kandungan protein dalam pakan harus diimbangi dengan energi yang cukup. Imbangan energi dan protein dimaksudkan untuk mencukupi kebutuhan protein minimum, sebab kekurangan energi akan merubah protein menjadi energi. Sempitnya imbangan energi dan protein dalam pakan dapat menyebabkan adanya defisiensi energi dan kelebihan protein. Defisiensi energi biasanya dijumpai pada pakan yang mengandung serat kasar tinggi yang tidak dapat dicerna dengan baik, sehingga tidak dapat

mencapai volume yang lebih besar daripada kemampuan kapasitas tembolok dalam menampungnya. Umumnya pakan yang sangat rendah energinya, mempunyai sifat amba (*bulky*). Kondisi ini menyebabkan usaha untuk meningkatkan konsumsi pakan sesuai dengan kebutuhan energi per hari menjadi sangat terbatas. Sebaliknya, luasnya imbalan energi dan protein dapat menyebabkan defisiensi protein dan terjadinya penimbunan energi dalam bentuk lemak dan untuk ayam petelur bibit sangat berpengaruh terhadap produksi telur.

Energi dalam pakan yang dikonsumsi dapat dipergunakan dalam tiga kelompok utama, yaitu : a) kebutuhan energi untuk bekerja; b) diubah menjadi panas dan c) disimpan dalam jaringan tubuh. Kelebihan energi dalam tubuh akan disimpan sebagai lemak. Kandungan energi metabolis dalam pakan yang berlebihan, tidak mungkin dikeluarkan oleh tubuh ayam. Rasa (*taste*) pada ayam memegang peranan yang sangat kecil dalam menentukan tingkat konsumsi pakan, apabila dibandingkan dengan ternak mamalia lainnya. Tingkat energi dalam pakan, biasanya sangat menentukan banyak sedikitnya pakan yang dikonsumsi. Apabila ayam yang sedang tumbuh atau sedang dalam masa bertelur, maka konsumsi pakan banyak dipergunakan untuk keperluan kebutuhan energi metabolis per hari. Dalam pakan yang mengandung semua zat-zat nutrisi yang dibutuhkan, efisiensi penggunaan pakan bergantung kepada kandungan energi metabolis dalam pakan tersebut. Pada temperatur sedang ayam-ayam betina yang memproduksi tinggi dan mendapatkan pakan yang lengkap kandungan nutrisinya, membutuhkan kira-kira 300-320 kkal EM/ekor/hari. Kalau temperatur agak panas, kemampuan dalam mengkonsumsi energi akan sedikit berkurang dan sebaliknya, pada temperatur yang dingin ada peningkatan dalam mengkonsumsi energi sekitar 20-30%. Hasil-hasil penelitian menunjukkan bahwa pada temperatur yang sedang sampai dingin, dengan tingkat energi metabolis antara 3000-3100 kkal/kg ransum ternyata memberikan hasil yang ekonomis. Tingkat energi yang lebih rendah dari kebutuhan untuk hidup pokoknya, menyebabkan ayam

kehilangan beratnya dan fungsi-fungsi faali akan terganggu. Kondisi ini menyebabkan protein dalam jaringan tubuh akan dirombak untuk dipergunakan sebagai energi, akan tetapi penggunaan ini tidak efisien karena perombakan ini banyak membutuhkan energi dan banyak sekali asam urat yang dikeluarkan serta dapat menyebabkan "litter" menjadi basah. Keadaan yang parah akan menyebabkan adanya kematian pada ayam. Sebaliknya pada kondisi yang tidak begitu parah seperti puasa energi (*energy-starvation*), cadangan energi dalam tubuh akan mengalami proses pembongkaran dengan bertahap seperti : 1) glikogen yang tersimpan dengan jumlah sedikit di dalam tubuh, mulai dikeluarkan; 2) kebanyakan dari cadangan lemak dikeluarkan dan 3) jaringan-jaringan protein dipergunakan untuk mempertahankan tingkat gula darah serta dipakai untuk membantu fungsi-fungsi vital lainnya. Sebaliknya, apabila kandungan energi pakan sangat berlebihan konsumsi pakan akan sangat berkurang dan menyebabkan defisiensi. Hal ini menyebabkan pertumbuhan akan berhenti dan ayam akan menimbun lemak dalam tubuhnya, sehingga menjadi sangat gemuk. Dalam kondisi yang bersamaan akan terlihat tanda-tanda kelaparan protein dan vitamin.

Beberapa faktor yang mempengaruhi kebutuhan protein dan asam-asam amino, antara lain : a) umur; b) laju pertumbuhan; c) reproduksi; d) iklim; e) tingkat energi; f) penyakit; g) bangsa dan galur. Selain itu pula ada beberapa bagian yang berkaitan dengan kebutuhan protein per hari pada ayam yang sedang bertumbuh, seperti : 1) protein yang diperlukan untuk pertumbuhan jaringan; 2) protein untuk hidup pokok dan 3) protein untuk pertumbuhan bulu. Beberapa cara yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan asam amino, dapat dilakukan antara lain : a) banyaknya gram dari tiap asam amino/ekor/hari. Cara ini adalah yang paling tepat, namun tidak dilakukan oleh pabrik makanan ternak; b) banyaknya gram dari tiap asam amino per 1000 kkal EM. Kelihatannya lebih baik untuk dipergunakan karena kebutuhan asam amino sangat erat hubungannya dengan kandungan energi dalam pakan. Cara ini praktis dan banyak

digunakan dan mempunyai nilai ekonomis; c) persentase pakan. Cara ini jarang digunakan karena sama sekali tidak sempurna, karena konsumsi pakan sangat tergantung kepada kandungan energi pakan; d) persentase protein dalam pakan. Praktis dan dapat memenuhi tingkatan asam amino baik esensial maupun non-esensial.

Defisiensi protein atau defisiensi sebuah asam amino esensial yang ringan, menyebabkan penurunan besar telur. Sebaliknya, kalau berat akan menyebabkan produksi telur sangat menurun drastis, kehilangan berat badan, bulu yang hilang dan sulit untuk tumbuh kembali. Defisiensi yang sangat berat produksi bisa berhenti total, bulu rontok semua disertai kehilangan jaringan-jaringan tubuh dan penurunan bobot badan.

Kelebihan protein maupun asam amino esensial akan memberikan pengaruh yang negatif bagi ayam yang bersangkutan, seperti penurunan pertumbuhan yang ringan, penurunan penimbunan lemak dalam tubuh dan kadang pula menyebabkan kondisi *litter* menjadi lebih basah karena konsumsi air minum meningkat akibat meningkatnya asam urat dalam darah. Kelebihan protein dalam pakan dapat menyebabkan pula adanya pembengkakan pada kelenjar adrenal dan meningkatnya produksi ACTH (*adrenocorticosteroid*).

Kebutuhan vitamin bagi ayam sangat penting artinya karena ayam sangat peka terhadap defisiensi vitamin. Hal ini disebabkan a) ayam sedikit sekali mendapat vitamin yang disintesis oleh mikroorganisme di dalam saluran pencernaan; b) vitamin-vitamin sangat dibutuhkan dalam proses reaksi-reaksi metabolik dalam tubuh; c) mengurangi adanya cekaman atau rasa stress pada ayam. Konsumsi vitamin ini sangat sedikit per hari, biasanya diberikan melalui air minum atau lewat campuran dalam pakan sehingga pemberiannya dinyatakan dalam miligram atau satuan lain per kilogram pakan. Umumnya kebutuhan ini ditentukan pada tingkatan yang cukup tinggi didasarkan pada kandungan energi dalam bahan pakan, flutuasi temperatur lingkungannya atau faktor-faktor lain umpunya faktor yang mempengaruhi konsumsi pakan. Beberapa vitamin sangat penting berkaitan dengan masalah reproduksi, seperti vitamin E dan B12. Defisiensi

terhadap vitamin E dapat menyebabkan daya prestasi reproduksi menurun pada ayam petelur dewasa. Pada ayam muda defisiensi vitamin E dapat menyebabkan encephalomalacia, diathese ekdsudatif dan distrofy otot. Sementara itu kebutuhan vitamin B-12 dalam pakan sangat erat kaitannya dengan besarnya telur. Defisiensi vitamin ini pada ayam dewasa maupun ayam muda, tidak menunjukkan tanda-tanda yang spesifik. Namun, gejala-gejala yang sering timbul seperti menurunnya daya tetas telur. Dibandingkan dengan ayam petelur komersial, kebutuhan vitamin-vitamin seperti A, D, E dan B-1 (*thiamine*); B-2 (*riboflavine*); Asam Nikotinat (*Niacin*); Asam Pantotenat (*Pantothenic acid*); serta mineral Mn (*Manganese*) pada ayam bibit sangat diperhatikan.

Ada beberapa faktor yang menimbulkan kenaikan sebenarnya dalam kebutuhan vitamin, seperti : a) faktor genetik; b) kandungan energi pakan; c) penambahan lemak ke dalam pakan; d) kandungan protein pakan; e) suhu; dan f) kandang baterai. Sedangkan faktor-faktor yang menyebabkan kenaikan nyata kebutuhan vitamin, seperti : a) tersedianya vitamin dalam bahan pakan; b) kerusakan vitamin dalam pakan dan dalam saluran pencernaan; dan c) antagonis dan antimetabolit. Di samping itu ada beberapa faktor yang menurunkan kebutuhan vitamin, seperti : a) komposisi pakan; b) biosintesis; dan c) sintesis metabolik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggorodi, R. 1980. Ilmu Makanan Ternak Umum. Penerbit PT Gramedia, Jakarta.
- Anggorodi, R. 1995. Nutrisi Aneka Ternak Unggas. Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Ensminger, M.E. 1992. Poultry Science (*Animal Agriculture Series*). Third Ed. Interstate Publisher, INC. Danville, Illinois.
- Juju Wahyu. 1997. Ilmu Nutrisi Unggas. Cetakan keempat. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Kartadisastra, H.R. 1994. Pengelolaan Pakan Ayam. Kiat Meningkatkan Keuntungan dalam Agribisnis Unggas. Penerbit Kanisius.
- Rasidi. 1998. 302 Formulasi Pakan Lokal Alternatif Untuk Unggas. PT. Penebar Swadaya.
- Rasyaf, M. 1994. Manajemen Peternakan Ayam Kampung. Penerbit Kanisius.
- Urip Santoso. 1989. Limbah Bahan Ransum Unggas Yang Rasional. PT Bhratara Karya Aksara.

TABLE 7-20
EXAMPLE CHICKEN BREEDER RATIONS^{A, B, 1, 14}

Ingredient	Body Weight			
	Egg-Type Breeders 3½-5 Lb		Meat-Type Breeders 5-8 Lb	
	(lb)	(kg)	(lb)	(kg)
Ground yellow corn ^{2,3}	1,305	593.2	1,379	627
Wheat middlings	—	—	70	32
Alfalfa meal, 17%	50	23	50	23
Soybean meal, dehulled	324	147.3	248	113
Fish meal, herring, 65% ^{4,5}	50	23	50	23
Meal and bone meal, 47% ⁵	50	23	50	23
Dicalcium phosphate ⁶	6	2.7	4	1.8
Ground limestone ⁷	157	71.4	142	64.5
DL-Methionine or equivalent	0.5	0.2	0.4	0.2
Stabilized yellow grease or equivalent	51	23	16	16
Iodized salt ⁴	7	3.1	7	3.1
Antioxidant	9	9	9	9
Mineral and vitamin supplements: ¹²				
Calcium pantothenate (mg)	6,000		6,000	
Manganese ¹¹ (Mn) (g)	52		52	
Selenium ²⁵ (Se) (mg)	90.8		90.8	
Zinc ¹⁷ (Zn) (g)	16		16	
Vitamin A (IU)	4,000,000		4,000,000	
Vitamin D ₃ (IU)	2,000,000		2,000,000	
Vitamin E (IU)	2,000		2,000	
Vitamin K ²⁰	—		—	
Choline (mg)	172,000		208,000	
Niacin (Nicotinic Acid, Nicotinamide) (mg)	10,000		10,000	
Riboflavin (Vitamin B-2) (mg)	3,000		3,000	
Vitamin B-12 (Cobalamins) (mg)	6		6	
Totals ²¹	2,000.5	909.9	2,000.4	910.6
Calculated analysis: ²⁷				
Metabolizable energy (kcal)	1,337	2,941	1,295	2,849
Protein (%)		17.01		16.03
Lysine (%)		0.87		0.78
Methionine (%)		0.33		0.31
Methionine + cystine (%)		0.59		0.56
Fat (%)		5.81		3.57
Fiber (%)		2.42		2.67
Calcium (%)		3.27		2.98
Total phosphorus (P) (%)		0.54		0.54
Available phosphorus ¹³ (P) (%)		0.46		0.46
Vitamins (units or mg/lb or kg):				
Vitamin A activity (IU)	5,983	13,163	6,067	13,347
Vitamin D ₃ , added (IU)	1,000	2,200	1,000	2,200
Choline (mg)	500.4	1,101	500.57	1,101
Niacin (Nicotinic Acid, Nicotinamide) (mg)	15.21	33.5	17	37.4
Pantothenic Acid (Vitamin B-3) (mg)	5.67	12.5	5.74	12.6
Riboflavin (Vitamin B-2) (mg)	2.49	5.5	2.51	5.5

^AAdapted by the author from *NECC Chicken and Turkey Rations*, prepared by the New England College Poultry Conference Board, by poultry specialists from, and distribution by, the New England Land-Grant Universities: University of Connecticut, Storrs; University of Maine, Orono; University of Massachusetts, Amherst; University of New Hampshire, Durham; University of Rhode Island, Kingston; and University of Vermont, Burlington.

^BSee footnotes following Table 7-23, p. 180.

TABLE 12-1.
Energy, Protein and Amino Acid Requirements of Chickens.

	Broilers		Replacement Pullets (Egg or Meat Type)			Laying and Breeding Hens (Egg or Meat Type)
	0-6 weeks	6-9 weeks	0-6 weeks	6-14 weeks	14-20 weeks	
Metabolizable energy (kcal/kg)	3,200	3,200	2,900	2,900	2,900	2,850
Protein (%)	23	20	20	16	12	15
Arginine (%)	1.4	1.2	1.2	0.95	0.72	0.8
Glycine and/or serine (%)	1.15	1.0	1.0	0.8	0.6	?
Histidine (%)	0.46	0.4	0.4	0.32	0.24	?
Isoleucine (%)	0.86	0.75	0.75	0.6	0.45	0.5
Leucine (%)	1.6	1.4	1.4	1.1	0.84	1.2
Lysine (%)	1.25	1.1	1.1	0.9	0.66	0.5
Methionine (%)	0.86	0.75	0.75	0.6	0.45	0.53
or						
Methionine (%)	0.46	0.4	0.4	0.32	0.24	0.28
Cystine (%)	0.40	0.35	0.35	0.28	0.21	0.25
Phenylalanine (%)	1.5	1.3	1.3	1.05	0.78	?
or						
Phenylalanine (%)	0.8	0.7	0.7	0.55	0.42	?
Tyrosine (%)	0.7	0.6	0.6	0.5	0.36	?
Threonine (%)	0.8	0.7	0.7	0.55	0.42	0.4
Tryptophan (%)	0.23	0.2	0.2	0.16	0.12	0.11
Valine (%)	1.0	0.85	0.85	0.7	0.5	?

TABLE 12-2.
Energy, Protein and Amino Acid Requirements of Turkeys.

	Age (weeks)							
	♂ ♀	0-4	4-8	8-12	12-16	16-20	20-24	Mature Breeders
Metabolizable energy (kcal/kg)		2,750	2,810	2,930	3,020	3,095	3,170	2,850
Protein (%)		28	26	22	19	16.5	14	14
Arginine (%)		1.6	1.5	1.3	1.1	1.0	0.8	?
Glycine and/or serine (%)		1.0	0.95	0.8	0.7	0.6	0.5	?
Histidine (%)		0.55	0.5	0.45	0.35	0.3	0.25	?
Isoleucine (%)		1.1	1.0	0.85	0.75	0.7	0.55	?
Leucine (%)		1.9	1.8	1.5	1.3	1.1	0.95	?
Lysine (%)		1.5	1.4	1.2	1.0	0.9	0.75	?
Methionine (%)		0.87	0.8	0.7	0.58	0.52	0.43	?
or								
Methionine (%)		0.52	0.48	0.4	0.35	0.31	0.26	?
Cystine (%)		0.35	0.32	0.3	0.23	0.21	0.17	?
Phenylalanine (%)		1.80	1.65	1.4	1.20	1.10	0.90	?
or								
Phenylalanine (%)		1.00	0.95	0.8	0.67	0.60	0.50	?
Tyrosine (%)		0.80	0.75	0.65	0.53	0.50	0.40	?
Threonine (%)		1.00	0.95	0.8	0.70	0.60	0.50	?
Tryptophan (%)		0.26	0.24	0.2	0.17	0.15	0.13	?
Valine (%)		1.2	1.1	0.95	0.80	0.70	0.60	?

accurate, if both feed composition and nutrition requirement tables were on a dry basis. For information on how to adjust moisture content, the reader is referred to *Feeds & Nutrition*, by Ensminger, et al.

METHODS OF FORMULATING RATIIONS

In the sections that follow, five different methods of ration formulation are presented: (1) the square method, (2) the trial-and-error method, (3) the simultaneous equation method, (4) the 2×2 matrix method, and (5) the computer method. Despite the sometimes confusing mechanics of each system, if done properly the end result of all five methods is the same—a ration that provides the desired allowance of nutrients in correct proportions economically (or at least cost), but, more important, so as to achieve the greatest net returns—for it is net profit, rather than cost, that counts. Since feed represents by far the greatest cost item in livestock production, the importance of balanced rations is evident.

An exercise in ration formulation follows for purposes of illustrating the application of the five methods.

It should be emphasized that each method of ration formulation may be used in balancing rations for all classes of livestock.

SQUARE (OR PEARSON SQUARE) METHOD

The square method is simple, direct, and easy. Also, it permits quick substitution of feed ingredients in keeping with market fluctuations, without disturbing the protein content.

In balancing rations by the square method, it is recognized that one specific nutrient alone—protein—receives major consideration. Correctly speaking, therefore, it is a method of balancing the protein requirement, with no consideration given to the vitamin, mineral, and other nutritive requirements.

To compute rations by the square method, or by any other method, it is first necessary to have available both feeding standards and feed composition tables.

The following example will show how to use the square method in formulating a ration:

Example: A poultry producer desires to feed a 16% protein ration. Corn containing 9.5% protein is on hand. A 36% protein supplement, which is reinforced with minerals and vitamins is available. What percentage of the ration should consist of corn and what percentage of the 36% protein supplement?

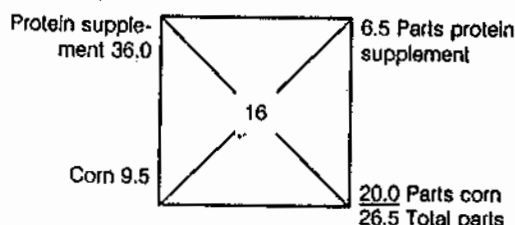
Step by step, the procedure in balancing this ration is as follows:

1. Draw a square, and place the number 16 (desired protein level) in the center thereof.

2. At the upper left-hand corner of the square, write *protein supplement* and its protein content (36); at the lower left-hand corner, write *corn* and its protein content (9.5).

3. Subtract diagonally across the square (the small number from the larger number), and record the difference at the corners on the right-hand side ($36 - 16 = 20$; $16 - 9.5$

$= 6.5$). The number at the upper right-hand corner gives the parts of supplement by weight, and the number at the lower right-hand corner gives the parts of corn by weight to make a ration with 16% protein.



4. To determine what percent of the ration would be corn, divide the parts of corn by the total parts: $20 \div 26.5 = 75\%$ corn. The remainder, 25%, would be supplement.

TRIAL-AND-ERROR METHOD

The trial-and-error method is exactly what the term implies. Feeds are interchanged by trial-and-error until the right combination is found.

Example: A poultry producer desires to formulate a starting ration for Bobwhite quail. The ration will consist of fat, corn, wheat, soybean oil meal (49% protein), alfalfa meal (22% protein), and supplement (calcium-phosphorus, iodized salt, and micronutrients).

Before the ration is formulated, the producer places the following restrictions on the feeds:

Feed Ingredient	Percent Incorporated into the Final Ration (%)
Fat	4.0
Alfalfa meal	3.0
Supplement (calcium-phosphorus iodized salt, and micronutrients)	3.0

The feed compositions used in this sample are as follows:

	ME _n (kcal/lb)	Crude Protein (%)
Corn	1,556	8.7
Wheat	1,334	14.9
Soybean meal (49% protein)	1,112	48.1
Alfalfa meal (22% protein)	754	22.0
Fat	3,583	0

Here are the steps in balancing this ration:

Step 1: The nutrient requirements for Bobwhite quail taken from Table 7-16 are as follows:

The starting ration for Bobwhite quail should contain 1,270 kcal of ME_n per pound and 28% crude protein; per ton of feed, this calls for 2,540,000 kcal of ME_n and 560 lb of protein.

Step 2: We must now calculate the amounts of energy and protein contributed to the ration by the feeds that have predetermined levels of incorporation.

	Amount/Ton (lb)	ME _n (kcal)	Crude Protein (lb)
Alfalfa meal	60	45,240	13.2
Fat	80	286,640	0
Supplements (calcium-phosphorus, iodized salt, micronutrients)	60	0	0
	<u>200</u>	<u>331,880</u>	<u>13.2</u>

Step 3: Remainder to be supplied by corn, wheat, and soybean meal—

1,800 2,208,120 546.8

Step 4: Let's try out (that's why it is called the *trial-and-error method*) a mixture of 600 lb of corn, 600 lb of wheat, and 600 lb of soybean meal; and see how much ME_n and crude protein is contributed by the mix.

	ME _n (kcal)	Crude Protein (lb)
Corn, 600 lb	933,600	52.2
Wheat, 600 lb	800,400	89.4
Soybean meal, 600 lb	<u>667,200</u>	<u>288.6</u>
	2,401,200	430.2

Step 5: The energy value of the corn-wheat-soybean mix is more than needed (2,401,200 ME_n supplied vs 2,208,120 needed), but the protein value is much less than needed (430.2 lb supplied vs 546.8 needed); hence, we must add soybean meal at the expense of corn and/or wheat. In this example, we shall substitute soybean meal for corn. To get a rough estimate of how much corn to remove, we must first find out how much protein is needed. This is found by determining the amount of additional protein needed in the mix (546.8 lb - 430.2 lb = 116.6 lb of protein needed). The protein content of soybean meal is 48.1% and of corn, 8.7%. Since the protein content of corn was included in the mix in Step 4, we will subtract 8.7% from 48.1% to find out how much additional protein is provided by soybean meal (39.4%). Now we divide 116.6 lb of protein needed by 0.394 and obtain a value of 295.9 lb; so, let's change our corn-wheat-soybean mix by subtracting 300 lb of corn, adding 300 lb of soybean meal, and rounding off wheat at 600 lb.

	ME _n (kcal)	Crude Protein (lb)
Corn, 300 lb	466,800	26.1
Wheat, 600 lb	800,400	89.4
Soybean meal, 900 lb	<u>1,000,800</u>	<u>432.9</u>
	2,268,000	548.4

Step 6: From the two groups of feeds, the ME_n and crude protein are:

	Amount/Ton (lb)	ME _n (kcal)	Crude Protein (lb)
Alfalfa meal, fat, and supplement	200	331,880	13.2
Corn, wheat, and soybean meal	<u>1,800</u>	<u>2,268,000</u>	<u>548.4</u>
	2,000	2,599,880	561.6

Step 7: Now our ration slightly exceeds the nutrient requirements of a starting ration for Bobwhite quail as given in Step 1.

Thus, for 1 ton of Bobwhite quail starter feed, we should include the following:

	Amount/Ton (lb)	ME _n (kcal)	Crude Protein (lb)
Wheat	600	800,400	89.4
Corn	300	466,800	26.1
Soybean meal	900	1,000,800	432.9
Alfalfa meal	60	45,240	13.2
Fat	80	286,640	0
Supplement (calcium-phosphorus, iodized salt, micronutrients)	60	0	0
	<u>2,000</u>	<u>2,599,880</u>	<u>561.6</u>
		(1,300 kcal/lb)	(28.1%)

SIMULTANEOUS EQUATIONS METHOD

It is possible to formulate rations involving two sources and one nutrient quickly through the solving of simultaneous equations:

Example 1: A poultry producer has on hand corn containing about 9% protein. A 50% protein supplement, which is reinforced with minerals and vitamins, can be bought at a reasonable price. A ration containing 22% protein is desired.

Step by step, the procedure in balancing this ration is as follows:

Step 1: Let X = amount of corn to be used in 100 lb of mixed feed, and Y = amount of 50% protein supplement to be used in 100 lb of mixed feed. We know that the corn contains 9% protein and the protein supplement 50% and that the ration should be 22% protein. Therefore, the equation we must solve is as follows:

$$.09X + .50Y = 22 \text{ (lb of protein in 100 lb of feed)}$$

Step 2: In order to solve for two unknowns (X and Y), we must create a "dummy equation." This can be done in the following manner:

$$X + Y = 100 \text{ lb of feed}$$

Step 3: We must now multiply our dummy equation by .09 in order that our X term will cancel out with the original equation. Therefore:

$$X + Y = 100 \text{ becomes } .09X + .09Y = 9$$

Step 4: Subtracting our new dummy equation from the original equation, we can solve for Y as shown below:

$$\begin{array}{r} .09X + .50Y = 22 \text{ original equation} \\ -.09X - .09Y = -9.0 \text{ dummy equation} \\ \hline .41Y = 13 \end{array}$$

$$Y = \frac{13}{.41} \text{ or } 31.71 \text{ lb of 50\% protein supplement per 100 lb of feed or 31.71\%}$$

Step 5: We can now substitute our newly acquired value of Y in the original equation and solve for X as follows:

$$\begin{aligned} X &= 100 - 31.71 \\ &= 68.29 \text{ lb of corn per 100 lb of feed or 68.29\%} \end{aligned}$$

It is also possible to use simultaneous equations in the formulation of rations involving two sources and two nutrients. Since many formulations involve solving for more than one nutritional parameter, this method has many advantages.

Example 2: A poultry feed manufacturer desires enough calcium and phosphorus to supply a ton of layer ration with an additional 40 lb of calcium and 5 lb of phosphorus using two sources, (1) oystershells and (2) monocalcium phosphate. The oystershells contain 37.0% calcium and 0.1% phosphorus. The monocalcium phosphate contains 15.9% calcium and 20.9% phosphorus. How much of each compound is needed to supplement the ration?

Step by step, the procedure is as follows:

Step 1: Let X = amount of oystershells to be added to 1 ton of feed, and
Y = amount of monocalcium phosphate to be added to 1 ton of feed.

Our equations are:

$$\begin{aligned} .370X + .159Y &= 40 \text{ calcium equation} \\ .001X + .209Y &= 5 \text{ phosphorus equation} \end{aligned}$$

Step 2: If we compare the coefficients for the oystershells in both equations, we derive an adjustment factor of 370 ($\frac{370}{.001}$) which is needed to balance the two equations. Thus, if we multiply the phosphorus equation by 370, the X terms will cancel out as follows:

$$\begin{aligned} .370X + 0.159Y &= 40 \\ \underline{-(.370X + 77.330Y = 1850)} \\ - 77.17Y &= -1810 \\ Y &= 23.45 \end{aligned}$$

Step 3: Now that we know the value of Y, we can substitute it in either equation to find X.

$$\begin{aligned} .370X + .159(23.45) &= 40 \\ .370 + 3.729 &= 40 \\ .370X &= 36.27 \\ X &= 98.03 \end{aligned}$$

Thus, the manufacturer must add 98.03 lb of oystershells and 23.45 lb of monocalcium phosphate to supply the supplementary calcium and phosphorus.

To check our calculations, we can substitute X and Y in our original equations as follows:

$$\begin{aligned} .370(98.03) + .159(23.45) &= 40 \\ .001(98.03) + .209(23.45) &= 5 \end{aligned}$$

THE 2 × 2 MATRIX METHOD

In addition to the traditional algebraic method of solving simultaneous equations, matrix algebra provides an alterna-

tive which some people find easier and quicker. The 2 × 2 matrix provides a quick and accurate way of solving for two nutritional parameters—such as energy and protein—through the use of two ingredients.

A matrix is a mathematical array which allows for the solution of unknowns through the use of a series of equations. Consider the two equations:

$$\begin{aligned} a_1X + b_1Y &= C_1 \\ a_2X + b_2Y &= C_2 \end{aligned}$$

Let us assume that X represents one type of feed, and that Y represents another type. In order to solve for X and Y, we can set up a 2 × 2 matrix using their respective coefficients. C₁ and C₂ could represent two nutrient levels that we want (for example, energy and protein). The 2 × 2 matrix would then be:

$$\begin{bmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{bmatrix}$$

The matrix would consist of two rows and two columns. In order to solve for X and Y, we must find the determinant of the matrix. The determinant is established as follows:

$$\begin{vmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{vmatrix} = a_1b_2 - a_2b_1$$

If the matrix is $\begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{bmatrix}$, the determinant would be

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{vmatrix} = (1 \times 4) - (3 \times 2) = 4 - 6 = -2$$

Note that a determinant of a square is enclosed by straight vertical lines, and a square matrix is enclosed by curved lines. Through a series of derivations from the original two equations, our unknowns can be solved in the following manner:

$$X = \frac{\begin{vmatrix} c_1 & b_1 \\ c_2 & b_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{vmatrix}} \text{ or } \frac{(c_1b_2 - c_2b_1)}{(a_1b_2 - a_2b_1)} \quad Y = \frac{\begin{vmatrix} a_1 & c_1 \\ a_2 & c_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{vmatrix}} \text{ or } \frac{(a_1c_2 - a_2c_1)}{(a_1b_2 - a_2b_1)}$$

Using the same example as in Example 2 of the simultaneous equation section, the 2 × 2 matrix method should arrive at the same answer.

Example: A poultry feed manufacturer desires to formulate enough calcium and phosphorus to supplement a ton of layer ration with an additional 40 lb of calcium and 5 lb of phosphorus using two sources: (1) oystershells, and (2) monocalcium phosphate. The oystershells contain 37.0% calcium and 0.1% phosphorus. The monocalcium phosphate contains 15.9% calcium and 20.9% phosphorus. How much of each compound is needed to supplement the ration?

Step by step, the procedure is as follows:

Step 1: Let X = amount of oystershells to be added to 1 ton of feed and
Y = amount of monocalcium phosphate to be added to 1 ton of feed.

Our equations are:

$$\begin{aligned} .370X + .159Y &= 40 \text{ calcium equation} \\ .001X + .209Y &= 5 \text{ phosphorus equation} \end{aligned}$$

Step 2: From these equations, we can set up the following 2×2 matrix:

$$\begin{pmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} .370 & .159 \\ .001 & .209 \end{pmatrix} \text{ and } \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 40 \\ 5 \end{pmatrix}$$

Step 3: Once we have set up our matrices, we can solve for X and Y by calculating the determinants as shown below:

$$X = \frac{40(.209) - 5(.159)}{.370(.209) - .001(.159)} = \frac{7.565}{.077} = 98.02 \text{ lb}$$

$$Y = \frac{.370(5) - .001(40)}{.370(.209) - .001(.159)} = \frac{1.81}{.077} = 23.51$$

Our values for X and Y agree with those from the same example using simultaneous equations. The slight difference is due to rounding error.

In least-cost formulations, matrix algebra is used by the computer, but the matrices that are used are much larger than 2×2 and are far more complicated. The 2×2 matrix offers a rapid means of calculating a simple ration using two feeds to fulfill two nutrients.

COMPUTER METHODS

Most large poultry establishments and feed companies now use computers in ration formulation. Also, many of the state universities, through their Federal-State Extension Services, are offering ration balancing computer services to farmers within their respective states on a charge basis. Consulting nutritionists are available throughout the United States to provide computer services, as well as other services. With the recent advent of the low cost personal computer, this powerful technology is available to almost everyone.

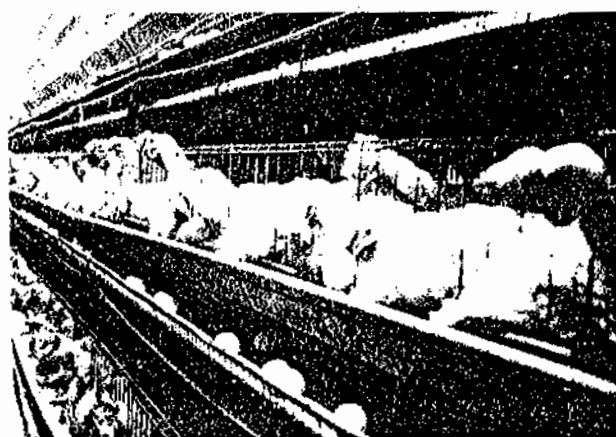


Fig. 7-8. Today, most poultry rations, like the ration for this layer operation Maryland, are formulated with the use of a computer. (Courtesy, University of Maryland, College Park)

Despite their sophistication, there is nothing magical or mysterious about the use of computers in ration balancing. Their primary advantages are accuracy and speed of calculation. In addition, computer programs (software) used in ration balancing provide a means of organizing needed information in a logical and systematic manner. The computer could be viewed as an extension of the knowledge and skills of the formulator.

At this time, there is no "pushbutton system" of feed formulation available. The degree of success realized is very dependent on the management of data put into the computer, and on the evaluation of the resulting formulations that the computer generates. In the hands of experienced users, the computer enables the producer and nutritionist to be more precise in carrying out ration formulation.

Two basic approaches to ration formulation are practiced with computers:

1. Trial-and-error formulation.
2. Linear programming (LP).

Trial-and-Error Formulation with the Computer

For a discussion of the trial-and-error method of ration balancing, see the earlier section in this chapter headed "Trial-and-Error Method." Many ration balancing software programs written for the computer allow for trial-and-error ration balancing. Feed mill nutritionists frequently use this technique to enter into the computer rations that are given to them by other nutritionists or by a producer. The objective in this case is to confirm the nutrient values for the ration based on the specific ingredients used by the feed manufacturer. In many cases, these rations are not to be altered without permission. In other cases, the number of ingredients for a specific ration may be limited so that the trial-and-error technique is just as fast as using linear programming to arrive at the desired nutrient levels in the ration.

NOTE: It does not take specialized computer software to use the trial-and-error method. Spreadsheet (or Financial Spreadsheet) programs, for instance, organize data into rows and columns. Information, such as nutrient values for a feedstuff, may be entered into data cells (see Fig. 7-9). Simple and complex arithmetic operations can be controlled by the user to the extent that rather large trial-and-error method rations can be programmed and run.

Spreadsheets have been developed with specific microcomputers in mind; and there are a great number of them on the market.

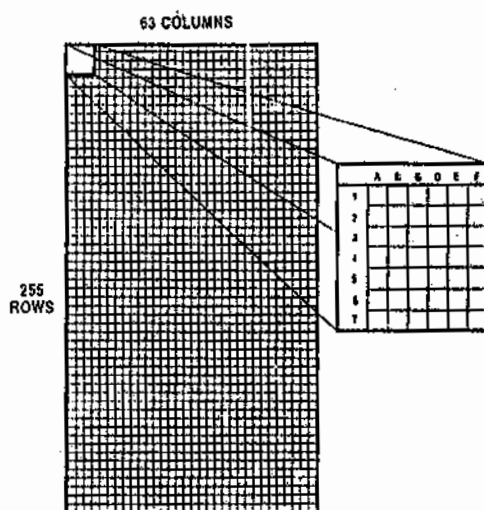


Fig. 7-9. Graphic representation of a spreadsheet (from Lane, R. J. and T. L. Cross, *Spreadsheet Applications for Animal Nutrition and Feeding*, Reston Publishing Co., Inc., Reston, VA, 1985).

Linear Programming (LP)

The most common technique for computer formulation of rations is the linear programming (LP) technique. At times, this is referred to as *least cost* ration formulation. This designation results from the fact that most LP techniques for ration formulation have as their objective *minimization of cost*. A few LP programs are in use that solve for *maximization of income over feed costs*. Regardless, the poultry producer and nutritionist should always keep in mind that maximizing net profit is the only true objective of most ration formulations. A skilled user of the LP system will control ration quality by writing specifications that lead to rations that will maximize profit.

Briefly described, the LP program is a mathematical technique in which a large number of simultaneous equations are solved in such a way as to meet the minimum and maximum levels of nutrients and levels of feedstuffs specified by the user at the lowest possible cost. It is not necessary to understand the inner workings of the computer program to use LP, though it does take experience to use it to good advantage and to avoid certain pitfalls. The most common pitfalls are incorrectly entered or missing data and the specification of minimums and maximums that cannot be met with the feedstuffs available. The latter is called an *infeasible solution*. When an infeasible solution is encountered, the user must determine (1) if this is due to incorrect or missing data, or (2) if the specifications must be relaxed.

Procedure for Use of Linear Programming (LP)

Before using the LP approach to ration formulation, the user should become familiar with the specific software package to be used. (See later section on "Selection of Computer Software and Hardware for Ration Formulation.") It is also desirable to study the LP technique as applied to feed formulation. After users are familiar with LP and their computer software, they are ready to begin using the computer for ration formulation by LP. It must first be understood that all data entered into the computer is directed to files. In most cases, these files are located on disks, or perhaps on tapes. Currently, most computers use keyboards and CRT (cathode ray tube) displays for entry of data. The necessary data files are generally created in steps as follows:

1. **Enter names of available feed ingredients, and the cost of each.** It is necessary that all of the available feeds be listed along with the unit cost. It matters little if the formulator uses cost per ton, cost per hundred weight (cwt), or cost per pound, but the same method of cost input must be used for all feeds. The computer software may call for a specific form for entering costs.

2. **Enter nutrient values for feeds.** Tables of feed composition using average or typical values, like those in this book, may be used, but, because of the wide variation in the composition of feeds, chemical analysis of a representative sample of each lot of feed is more precise and should be used if available.

3. **Enter ration specifications.** Ration specifications are generally broken into two parts: (1) nutrient limits and (2) ingredient limits. In each case, the formulator specifies either a lower limit and/or an upper limit for each item. If no specification for the particular item is desired, it may be specified

as zero (0) or left blank, depending on the circumstances. It is also appropriate to list feedstuffs available, but not currently on hand (with an upper limit of zero). Most LP solutions will then tell the user the highest cost at which such feeds would enter the solution if allowed to do so. Ratios between nutrients (such as a calcium/phosphorus ratio) or feedstuffs (corn/barley ratio) may also be specified in most LP software packages. The experienced formulator usually deals with palatability or feedstuff quality consideration by setting an upper limit on the amounts of problem feeds or a lower limit on feeds that contribute a positive quality to the ration. Nonnutritive attributes, such as bulk density, may also be programmed into the LP system. The LP technique is a very flexible and powerful ration balancing tool.

NOTE: Important additional items to consider when creating ration specifications are upper limits on the use of nonprotein nitrogen (or urea) and limits on the usage of feed additives like drugs, feed flavors, and the like.

Fig. 7-10 illustrates, by means of a worksheet, a logical method of organizing the restrictions for a ration.

LEAST-COST FORMULATION WORKSHEET

Specifications	Ingredient A	Ingredient B	Ingredient C	Restrictions
Cost				Minimize
Total weight				1,000 lb
Crude protein				133 lb
Digestible protein				100 lb
Ether extract				25 to 80 lb
Calcium				5 to 10 lb
Phosphorus				7 lb
Vitamin A equivalent				35,000
Vitamin D				60,000
Limits on ingredients				
Minimum				
Maximum				

Fig. 7-10. Sample worksheet for a least-cost formulation. The first column lists the specifications. The various feedstuffs to be considered are listed in the succeeding columns with their respective costs and nutritive values. The last column lists the restrictions desired on the final formulation.

4. **Submit all of the above information to the matrix building and solving portion of the LP software package.** Matrix building and solving are generally accomplished automatically by the computer software once the specifications have been entered into the computer. Mathematically, the procedure involves the solution of a complex algebraic problem, with an answer being derived in seconds or minutes. Using the LP program, the computer produces a mix that will meet the desired specifications at the lowest possible cost.

5. **Examine the solution provided by the computer software.** The end result should be feasible, both from a mathematical standpoint and from a nutritional standpoint.

The feedstuff mixture should be acceptable to the birds for which it is intended. In most cases the first solution provided to the user is not acceptable. Repeat runs may be necessary to obtain the best solution.

Figure 7-11 is a computer printout of an LP solution. The various columns of the report have been numbered for identification. Similar columns have been given the same number. The three sections of the report are each identified with a Roman numeral.

An explanation of the information contained in each column of Fig. 7-11 follows:

Column (1)—Ingredient and nutrient numbers.

Column (2)—Ingredient and nutrient names.

Column (3)—Solution amounts given in percentage for feed ingredients (Section I) and nutrients (Section II).

Column (4)—The percentage solution for ingredients has been converted to a ton batch using prespecified rounding factors for each ingredient. (The batch totals 1,992.73 lb, rather than an exact 2,000 lb because of the rounding requirements.)

Columns (5 & 6)—Lower and upper limits specified for each ingredient (Section I) and each nutrient (Section II).

Column (7)—Ingredient costs in dollars per hundred weight (cwt).

Columns (8 & 9)—The stable cost range (lower) gives the feed cost below which the present optimal solution would no longer be valid. Similarly, the stable upper gives the feed cost above which the present solution would no longer be valid. The stable cost figures let the LP user know when it is desirable to reprocess the ration.

ANYCO GRAIN AND MILLING P. O. BOX 1234 ANYTOWN, USA 90909 (123) 456-7890						16-JAN-39 (7) IO. NO. 29706						
* FEASIBLE= RATION: L507 LAYER MASH, 17 PCT.						COSTS....	\$/CWT	\$/TCH				
						BASE LP	8.059	161.379				
						BATCH	8.03	161.60				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5) LIMITS	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
#	INGREDIENT	AMOUNT	BATCH	LOWER	UPPER	COST	STABLE	RANGE	COST PER	UNIT	EFFECTIVE RANGE	
							LOWER	UPPER	DECREASE	INCREASE	DECREASE	INCREASE
I	4	GROUND CORN	33.333	665.00	10.000	6.40	6.163	6.470	0.0007	0.0024	25.050	64.476
	6	GROUND WILD	33.848	675.00		6.00	5.933	6.219	0.0022	0.0306	0.000	43.256
	10	WHEAT MILLRUM	2.095	40.00	15.000	6.90	4.339	6.260	0.0028	0.0116	0.000	28.642
	19	SOYBEAN MEAL, 47.5	16.117	320.00		14.95	11.036	26.372	0.1142	0.0391	14.804	18.805
	20	MEAT SCRAP, 50	6.000	120.00	6.000	15.03		20.133	0.0510	-0.0510	3.932	7.540
	21	DICAL PHOS(22CA/18P)	0.396	10.00		17.00	0.412	139.266	1.2227	0.1659	0.273	2.033
	23	LIMESTONE	7.584	150.00		1.45	0.000	12.895	0.1144	0.0309	7.533	7.843
	24	SALT, PLAIN	0.250	5.00	0.250	2.35	0.000		-0.0293	0.0393	0.000	0.930
	27	POULTRY PREMIX	0.250	5.00	0.250	56.37	0.000		-0.5795	0.5795	0.000	0.930
	33	DL-METHIONINE, 99	0.086	1.73		157.30	76.279	540.275	3.0327	0.0072	0.067	0.094
	37	SELENIUM, 90.6	0.050	1.00	0.050	17.50	0.000		-0.1908	0.1908	0.000	0.730
		TOTALS	100.000	1992.73				REQUESTED BATCH WEIGHT IS 2000.00 POUNDS				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5) LIMITS	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
#	NUTRIENT	AMOUNT	LOWER	UPPER	DECREASE	INCREASE	DECREASE	INCREASE	DECREASE	INCREASE	DECREASE	INCREASE
	1	WEIGHT	100.000	100.000	100.000	0.0158	-0.0158	99.320	104.209			
	8	CRUDE PROTEIN	17.000	17.000		-0.2428	0.2428	15.864	18.136			
	12	CRUDE FAT	2.930	0.000		0.0540	0.0532	2.622	5.748			
	13	CRUDE FIBER	2.308		4.000	0.1370	0.0963	2.250	2.368			
	14	ASH	11.963	0.000		0.6566	0.0333	11.707	12.203			
	15	CALCIUM	3.600	3.600	3.700	-0.0798	0.0799	2.901	3.858			
	16	PHOSPHORUS	0.471	0.550		0.3568	0.2380	0.661	0.961			
	17	AVAIL. PHOSPHORUS	0.470	0.470		-0.3095	0.3095	0.448	0.769			
	31	M. E. (POULTRY)/LB	1270.000	1270.000		-0.0035	0.0035	1203.931	1280.669			
	47	LYSINE	0.798	0.700		20.0361	1.6941	0.686	0.801			
	48	METHIONINE	0.350	0.350		-1.3590	1.3590	0.331	1.798			
	49	METHIONINE + CYSTINE	0.619	0.600		3.5320	1.3303	0.617	2.034			
	61	LINOLEIC ACID	1.134	1.000		0.0609	0.1073	1.038	2.531			
	62	XANTHOPHYLL /LB	3.000	3.000		-0.0264	0.0264	1.570	5.805			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
#	** NOT USED ** INGREDIENT	COST	RELATIVE WORTH	UPPER LIMIT	COST/UNIT INCREASE	INCREASE RANGE						
I	8	GROUND BARLEY	6.500	5.782		0.0072	6.531					
	12	ALFALFA, DEMY., 17	8.000	7.374	2.500	0.3063	0.932					
	31	VEGETABLE FAT	17.200	11.914		0.0529	2.835					
	32	CANE MOLASSES	4.450	2.384	0.000	0.0207	1.738					

Fig. 7-11. Example Leghorn layer ration processed by computer linear programming. See text for explanation of numbered columns. (Courtesy, Nutri-Systems, Fresno, CA)

Columns (10 & 11)—The *cost per unit decrease* and *increase* values indicate how much the cost of the ration would be changed if either an ingredient or nutrient is increased or decreased by one unit in the percent solution. A positive value means that cost would be increased and a negative value means that cost would be decreased.

Columns (12 & 13)—The *effective range decrease* and *increase* values are related to the *stable cost range* columns and the *cost per unit decrease/increase* columns. The values delineate the limits over which the *stable cost* and *unit decrease/increase* columns are applicable. (An example: If the cost of ground corn decreases to \$6.163/cwt [Column 8], then the usage of corn would increase to 64.496% [Column 13]. Of course, there would be changes in the usage of other ingredients as corn increases in amount.)

Column (14)—Section III contains information about the *ingredients not used* in the solution. The *relative worth* column indicates the cost at which each of these ingredients would enter the solution.

6. Reformulate with LP at periodic intervals. Changes in ingredient costs, in ingredient availability, and in the needs of birds dictate the need for reprocessing the ration. The good formulator monitors all these items on a regular basis. It is also critical to evaluate the feeding results to confirm that production goals and cost objectives are being met with the ration. Computers don't feed birds—people do!

Selection of Computer Software and Hardware for Ration Formulation

Numerous companies market computer software for ration formulation. The software varies from the very simple and straight-forward to very complex packages intended for large feed manufacturers. The latter packages include applications for formula costing, inventory control, control of usage of ingredients in limited availability, production of feed tags, etc. Most software is intended for use on a single computer model or at least a certain family of computers (IBM-PC, for example). It is therefore most desirable to select the software desired before purchasing the computer hardware. Computer type and size of memory and disk drive storage capacity must meet the criteria of the software developer or the software may not be usable.

Directories which list software by application are a good place to start looking. Other sources of information are feed and livestock trade publication advertisements, university personnel, and nutritionists who use feed blending software. Nutritionists are a good source of information as to how well a certain software package performs.

Ration formulation software may be generalized so that it can be made applicable to all species of animals or it may be designed with the unique requirements of specific species such as poultry, dairy cattle, etc. When the software has been designed for a certain species, it may incorporate tables of nutrient requirements and tables of typical feedstuffs and their nutrient values. This can save the user time, but it does not mean that software will run itself without the judgment of

the user. No one has yet developed a software that will anticipate all the conditions under which poultry will be fed. Computers are not able to assess all aspects of ingredient quality, environment, and management. The judgment of the producer and formulator must be imposed on the computer software. Look for the freedom to make changes as needed. When in doubt, seek advice from those with experience.

USE OF THE FLEXIBLE FORMULA

The flexible formula is a ration formulation that allows for the substitution of various feeds on the basis of price and availability. The overall formula does not change. The only changes that take place are substitutions of feeds—for example oats for corn—within the formula to supply the same nutrient levels.

The following procedure may be used in setting up a flexible formula:

1. The nutrient requirement for the birds to be fed should be obtained from feeding standards, and should be listed.

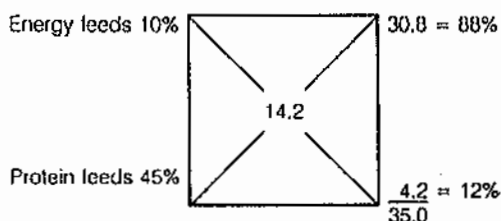
2. A chart should be set up with four divisions: (1) energy feeds, (2) protein feeds, (3) mineral supplement, and (4) vitamin supplement. Within each division, subdivisions can be listed—for example, under protein feeds, two types of protein feeds, plant and animal, can be listed (see Table 7-18).

TABLE 7-18
EXAMPLE OF A FLEXIBLE FORMULA CHART

Nutrient Classification of Feed	Subdivisions	Feeds for Utilization	Restrictions for Use		Amount to be Incorporated (lb/100 lb feed)
			(Min.)	(Max.)	
Energy (Average 10% protein)	Grains	Corn Wheat Milo			86.7
	By-products	Wheat mill-run Corn gluten feed			
Protein (Average 45% protein)	Plant (Average 40% protein)	Soybean meal Cottonseed meal Linseed meal			11.8 Total (7.08 plant and 4.73 animal)
	Animal (Average 60% protein)	Fish meal Tankage Meat meal rendered			
Vitamin		Premix			0.01
Mineral		Premix			1.5
				Total	100.0

3. The proportion of the nutrient divisions must be established. This can be accomplished by balancing the various divisions for protein or any other feed parameter that is to be balanced. For example, a feed manufacturer wants to establish a flexible formula for a 14% protein feed. The manufacturer has premixes for vitamins and minerals and wants to incorporate them at levels of 0.01% and 1.5%, respectively. This then means that about 98.5% of the ration can be interchanged to fit protein and price specifications. If the energy sources average 10% protein and the protein feeds average 15% protein, the manufacturer can balance the classes of feeds using the square method. Since 98.5% of the 14% protein ration is to contain all of the proteins, this portion of the ration must contain $14.2\% \left[\frac{14}{.985} \right]$ protein.

Step 1.



Step 2. Energy feeds to be incorporated in the ration.

$$100 \times .88 \times .985 = 86.7\%$$

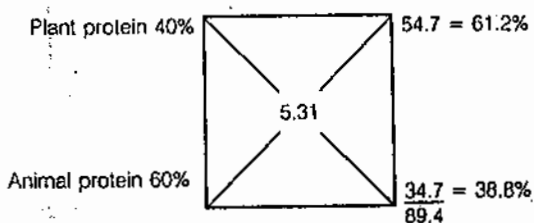
Protein feeds to be incorporated in the ration.

$$100 \times .12 \times .985 = 11.8\%$$

4. Once the main nutrient classifications have been established, it is possible to subdivide the amounts of the various feedstuffs to be used. For example, we can divide the protein portions into plant and animal sources using the square method again.

Step 1. We know that 11.8% of the ration will be protein feeds and that the average protein level of this fraction will be 45%. Therefore, $100 \times .118 \times .45 = 5.31$ lb of protein will be supplied by this factor for every 100 lb of feed.

Step 2.



Step 3. Plant proteins to be incorporated into the ration.

$$100 \times .612 \times .118 = 7.22\%$$

Animal proteins to be incorporated into the ration.

$$100 \times .388 \times .118 = 4.58\%$$

5. Once the proportions of the nutrient classifications have been established, the feed manufacturer can then place minimum or maximum restrictions on the individual feeds within each classification. As the price fluctuates, feeds can

be readily substituted for each other within their own restrictions for use.

Flexible formulas are extremely useful in ration formulation. No one ration is best and, if substitutions are made wisely, the prices of feed can be minimized and the feeder will continually obtain good results. Common sense is an invaluable tool when using flexible formulas because the feed manufacturer must always keep in mind the factors which cannot always be quantitated, such as palatability and bulkiness of feed.

FORMULATION WORKSHEET

When formulating rations, it is advisable to record the ration on a worksheet similar to that in Fig. 7-12. This worksheet is merely an example of the format that should be used. A similar sheet can be developed for micronutrient composition of premixes for minerals and vitamins as well as for amino acids. In modern feed formulation practice, computer printouts provide convenient worksheets. The worksheet serves three purposes:

1. It provides a means of reviewing and double checking the calculations used to formulate the ration. If there is a gross error, it will become obvious when listed on the worksheet.
2. It can be used to organize mixing procedures. It is vital that the person mixing feed be able to refer to a worksheet on which can be recorded what has been mixed and what mixing order should be followed.
3. The worksheet can be filed for future reference. If any questions should arise when the feed is fed, the worksheet provides an orderly record of the content of the feed and its mixing.

Each ration should be assigned a number for future reference, and the date of formulation and/or mixing should be recorded. In addition to listing the feed ingredients and their respective amounts, the nutrient requirements to be fulfilled by the ration should be listed on the worksheet immediately below the totals of various components of the feed. By subtracting the totals contained in the feed from the nutrient requirements, the person formulating the ration can then determine if there are any severe excesses or deficiencies in the ration.

COMMERCIAL POULTRY FEEDS

Commercial feeds are just what the term implies—instead of being farm mixed, these feeds are mixed by commercial feed manufacturers who specialize in the business. In 1988, a total of 103.1 million tons of primary feeds (complete feeds) were manufactured in the United States, and an additional 10 million tons of secondary feeds (supplements) were produced; making for a total of 113.1 million tons of commercial feeds. Primary feed is that which is mixed from individual ingredients, sometimes with the addition of a premix at a rate of less than 100 lb per ton of finished feed. Secondary feed is that which is mixed with one or more ingredients and a formula feed supplement (which is a pri-