

BAB III

PROTEIN UNTUK UNGGAS

3.1. Protein dan Asam-asam Amino

Protein berasal dari kata "*proteios*" yang berarti "pertama" atau "kepentingan primer". Protein merupakan senyawa organik yang sebagian besar unsurnya terdiri atas karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, sulfur dan fosfor. Ciri khusus protein adalah adanya kandungan nitrogen. Berdasarkan bentuknya, protein dapat diklasifikasikan dalam tiga bagian, yaitu protein berbentuk bulat, serat dan gabungan ke duanya.

Protein berbentuk bulat (globular) terdiri atas albumin, globulin, glutelin, prolamin, histon dan protamin. Albumin adalah protein yang larut dalam air dan menggumpal apabila terkena panas. Umumnya albumin menjadi komponen pada albumin telur, albumin serum, leucosin pada gandum dan legumelin pada kacang-kacangan. Globulin umumnya tidak larut dalam air tetapi larut dalam asam kuat dan menggumpal apabila terkena panas. Globulin terdapat sebagai komponen globulin serum, fibrinogen, miosinogen, edestin pada biji hemp, legumin pada kacang-kacangan, konkanavalin pada *jack bean* dan ekselsin pada kacang Brazil. Glutelin tidak larut dalam air dan pelarut netral, tetapi lebih cepat larut dalam larutan asam atau basa. Contoh yang umum terdapat pada glutelin pada jagung yang lisinnya tinggi, dan oksizenin pada padi. Prolamin atau gliadin adalah protein sederhana yang larut dalam 70 sampai dengan 80 persen etanol tetapi tidak larut dalam air, alkohol dan pelarut netral. Contohnya terdapat pada zein dalam jagung dan gandum, gliadin pada gandum dan rye serta hordein pada barley. Histon adalah protein dasar yang larut dalam air, tetapi tidak larut dalam larutan amonia. Histon sebagian besar bergabung dengan asam nukleat pada sel makhluk hidup. Contoh yang umum adalah globin pada hemoglobin dan skombrin pada spermatozoa ikan mackerel. Protamin adalah molekul dengan bobot rendah pada protein, larut dalam air, tidak menggumpal terkena panas dan berbentuk garam stabil. Contohnya adalah salmine dari sperma ikan salmon, sturine dari ikan sturgeon, clupeine dari ikan herring, dan skombrin dari ikan mackerel. Protamin umumnya bersatu dengan asam nukleat dalam sperma ikan.

Protein berbentuk serat (*fibrous*) terdiri atas kolagen, elastin dan keratin. Kolagen adalah protein utama pada jaringan penghubung skeletal. Umumnya kolagen tidak larut dalam air dan tahan pada enzim pencernaan hewan, tetapi berubah cepat dalam bentuk larutan, dalam bentuk gelatin lebih mudah dicerna apabila dipanaskan dalam air atau larutan asam atau basa. Kolagen mempunyai karakteristik struktur asam amino unik di antaranya adalah hidroksiprolin yang molekulnya besar, hidroksilisin sistein, sistin dan triptofan. Elastin adalah protein pada jaringan elastis seperti pada tendon dan arteri. Meskipun penampakkannya sama dengan kolagen, elastin tidak dapat diubah menjadi gelatin. Keratin merupakan protein yang sukar dilarutkan dan tidak dapat dicerna. Umumnya menjadi komponen rambut, kuku, bulu, tanduk dan paruh. Keratin mengandung 14 sampai dengan 15 persen sistin.

Protein gabungan (*conjugated*) terdiri atas nukleoprotein, mukoid (mukoprotein), glikoprotein, lipoprotein dan kromoprotein. Nukleoprotein adalah satu atau lebih molekul protein yang bergabung dengan asam nukleat, yang dalam sel dikenal sebagai deoksiribonukleoprotein, ribonukleatprotein ribosom dan lain-lain. Mukoid atau mukoprotein, bagian karbohidrat dalam protein adalah mukopolisakarida yang mengandung N-asetil-heksosamin seperti glukosamin atau galaktosamin yang berkombinasi dengan asam uronat, galakturonat atau asam glukuronat, banyak juga yang mengandung asam sialat. Glikoprotein adalah protein yang mengandung karbohidrat kurang dari 4 persen, sering kali dalam bentuk heksosa sederhana, seperti manosa sebesar 1,7 persen dalam albumin telur. Lipoprotein adalah protein larut dalam air yang bergabung dengan lesitin, sefalin, kolesterol, atau lemak dan fosfolipid lain. Kromoprotein adalah kelompok yang mempunyai bentuk karakteristik yang merupakan gabungan dari protein sederhana dengan kelompok prostetik pewarna. Komoprotein meliputi hemoglobin, sitokrom, flavoprotein, *visual purple* pada retina mata dan enzim katalase.

Berdasarkan kekomplekskan strukturnya, protein dibagi menjadi protein sederhana, protein gabungan dan protein asal. Protein sederhana adalah protein yang apabila mengalami hidrolisis hanya akan menghasilkan asam-asam amino

atau derivatnya. Contohnya adalah albumin, globulin, glutelin, albuminoid dan protamin. Protein gabungan adalah protein sederhana yang bergabung dengan radikal protein. Contohnya adalah nukleoprotein (protein bergabung dengan asam nukleat), glikoprotein (protein bergabung dengan zat yang mengandung gugusan karbohidrat seperti musin), fosfoprotein (protein bergabung dengan zat yang mengandung fosfor seperti kasein), hemoglobin (protein bergabung dengan zat-zat sejenis hematin seperti hemoglobin) dan lesitoprotein (protein bergabung dengan lesitin, seperti jaringan fibrinogen). Protein asal adalah protein yang terdegradasi yang meliputi protein primer (misal, protean) dan protein sekunder (misal, proteosa, pepton dan peptida).

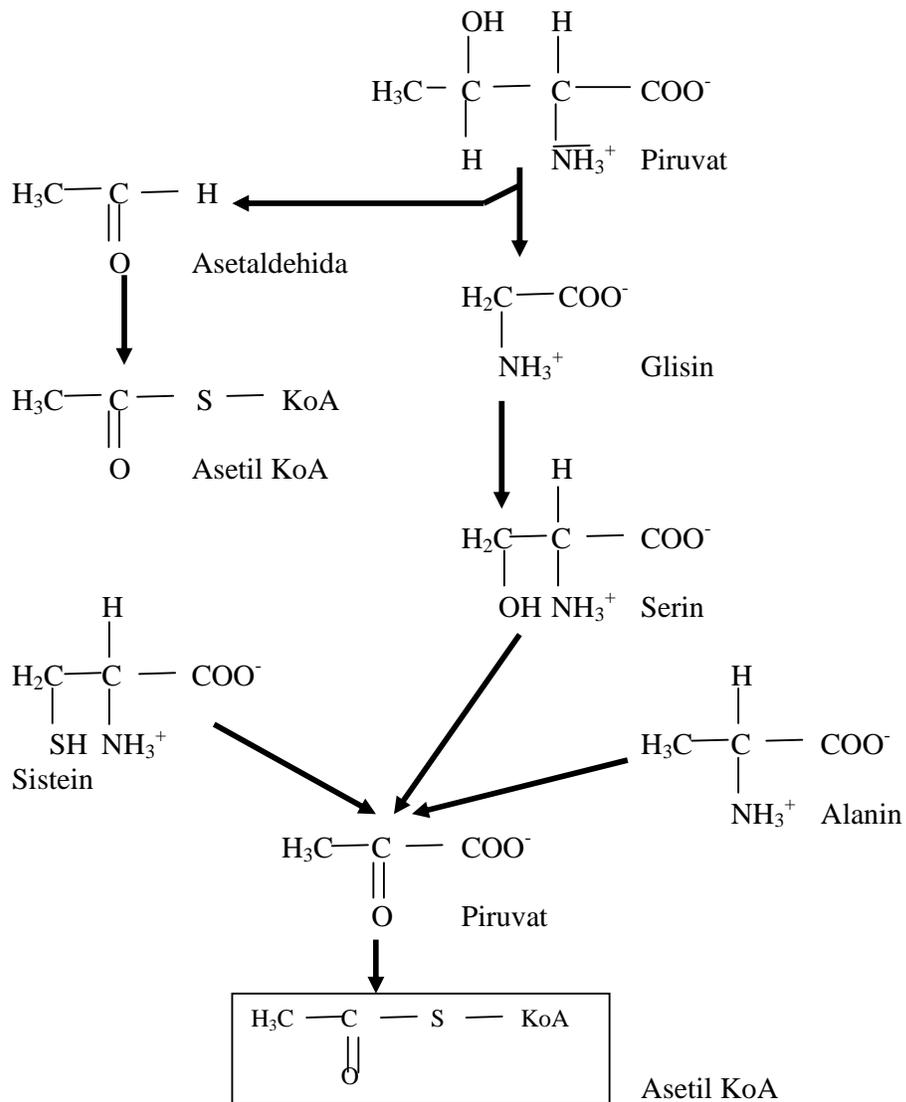
Fungsi protein meliputi banyak aspek. 1) Sebagai struktur penting untuk jaringan urat daging, tenunan pengikat, kolagen, rambut, bulu, kuku dan bagian tanduk serta paruh. 2) Sebagai komponen protein darah, albumin dan globulin yang dapat membantu mempertahankan sifat homeostatis dan mengatur tekanan osmosis. 3) sebagai komponen fibrinogen dan tromboplastin dalam proses pembekuan darah sebagai komponen fibrinogen, tromboplastin. 4) Sebagai karier oksigen ke sel dalam bentuk sebagai hemoglobin. 5) Sebagai komponen lipoprotein yang berfungsi mengangkut vitamin yang larut dalam lemak dan metabolit lemak yang lain 6) Sebagai komponen enzim yang bertugas mempercepat reaksi kimia dalam sistem metabolisme. 7) Sebagai nukleoprotein, glikoprotein dan vitellin.

Protein merupakan gabungan asam-asam amino melalui ikatan peptida, yaitu suatu ikatan antara gugus amino (NH_2) dari suatu asam amino dengan gugus karboksil dari asam amino yang lain, dengan membebaskan satu molekul air (H_2O). Protein dibentuk dari 22 jenis macam asam amino, tetapi dari ke 22 jenis asam amino tersebut yang berfungsi sebagai penyusun utama protein hanya 20 macam. Dari 20 macam asam amino tersebut ternyata ada sebagian yang dapat disintesis dalam tubuh ternak, sedangkan sebagian lainnya tidak dapat disintesis dalam tubuh unggas sehingga harus didapatkan dari pakan. Asam amino yang harus ada atau harus didapatkan dari pakan disebut asam amino esensial (*dietary essential amino acid*). Asam amino yang termasuk dalam kelompok ini adalah

metionin, arginin, treonin, triptofan, histidin, isoleusin, leusin, lisin, valin dan fenilalanin. Asam amino yang dapat disintesis dalam tubuh disebut asam amino non esensial, tetapi apabila esensial untuk metabolisme maka disebut pula sebagai asam amino esensial metabolik (*metabolic essential amino acid*). Contohnya adalah alanin, asam aspartat, asam glutamat, glutamin, hidroksiprolin, glisin, prolin dan serin. Di samping itu ada pengelompokan asam amino setengah esensial (*semi essential amino acid*) karena asam amino ini hanya dapat disintesis dalam tubuh dalam jumlah yang terbatas dari substrat tertentu. Asam amino yang termasuk dalam kelompok ini adalah tirosin, sistin dan hidroksilisin. Gambaran kejadian penguraian dan pembentukan asam amino non esensial dapat dilihat pada Gambar 3.1 - 3.4.

3.2. Pencernaan dan Penyerapan Protein

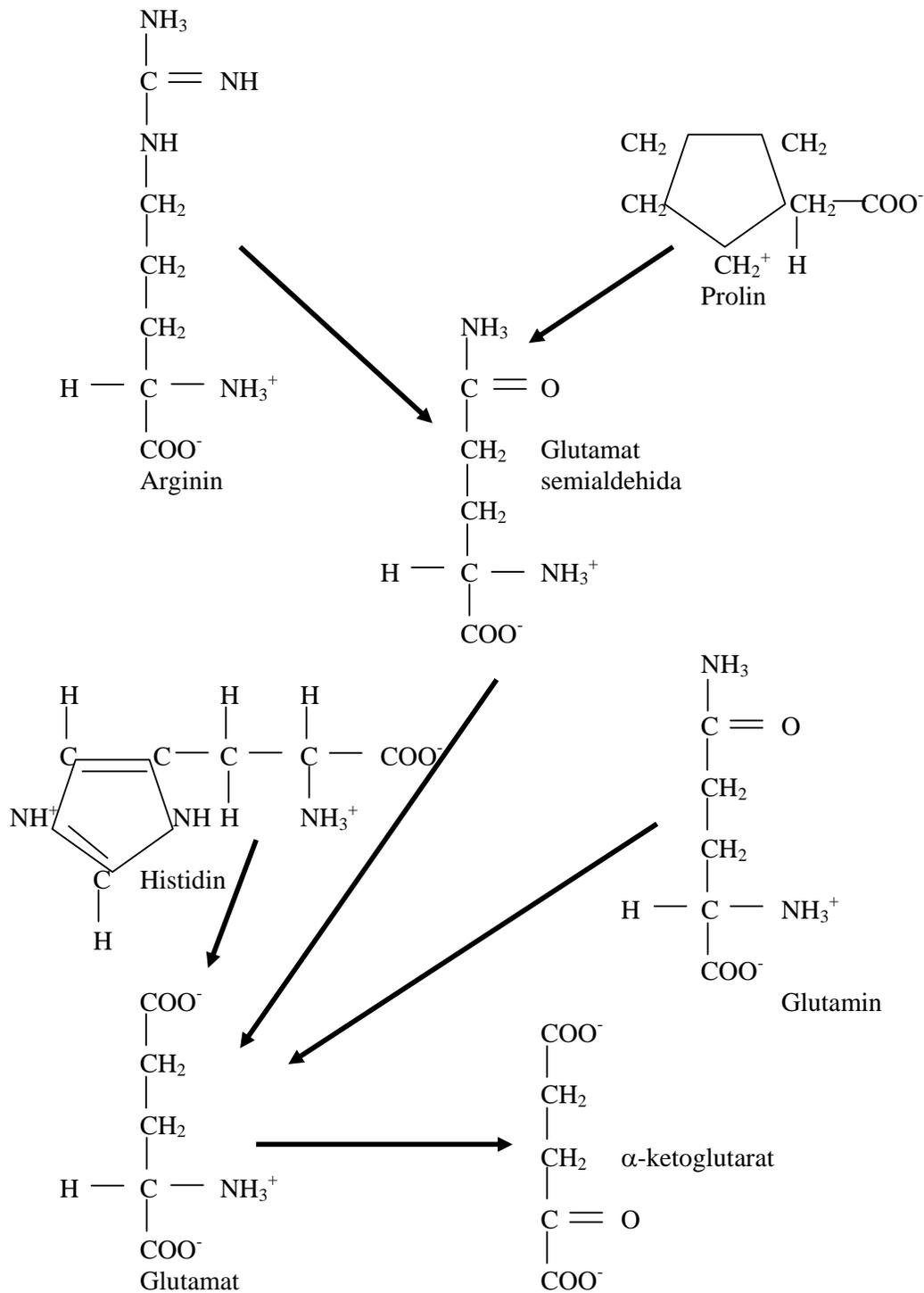
Pencernaan pada unggas dimulai dari paruh dan diakhiri pada kloaka. Setelah makanan melewati paruh akan disimpan sementara dalam tembolok, kemudian makanan akan menuju bagian proventrikulus atau yang akan mengalami proses pencernaan hidrolitis atau enzimatis. Pencernaan tersebut dimulai dengan kontraksi otot proventrikulus yang akan mengaduk-aduk makanan dan mencampurkannya dengan getah pencernaan yang terdiri atas HCl dan pepsinogen (enzim yang tidak aktif). Apabila bereaksi dengan HCl, pepsinogen akan berubah menjadi pepsin (enzim aktif). HCl dan pepsin akan memecah protein menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti polipeptida, proteosa, pepton dan peptida. Aktivitas optimum pepsin dijumpai pada pH sekitar 2,0. Apabila makanan sudah berubah menjadi kimus (bubur usus dengan warna kekuningan dan bersifat asam) maka kimus akan didorong masuk ke ventrikulus. Keasaman (pH) ventrikulus berkisar antara 2,0 sampai dengan 3,5. Pepsin (kemungkinan besar berasal dari proventrikulus) masih bekerja memecah protein dalam ventrikulus. Dalam ventrikulus kimus akan mengalami proses pencernaan mekanis dengan cara penggilasan dan pencampuran oleh kontraksi otot-otot ventrikulus. Setelah itu, kimus kemudian didorong ke dalam usus halus. Usus halus terdiri atas duodenum, jejunum dan ileum. Kimus kemudian akan



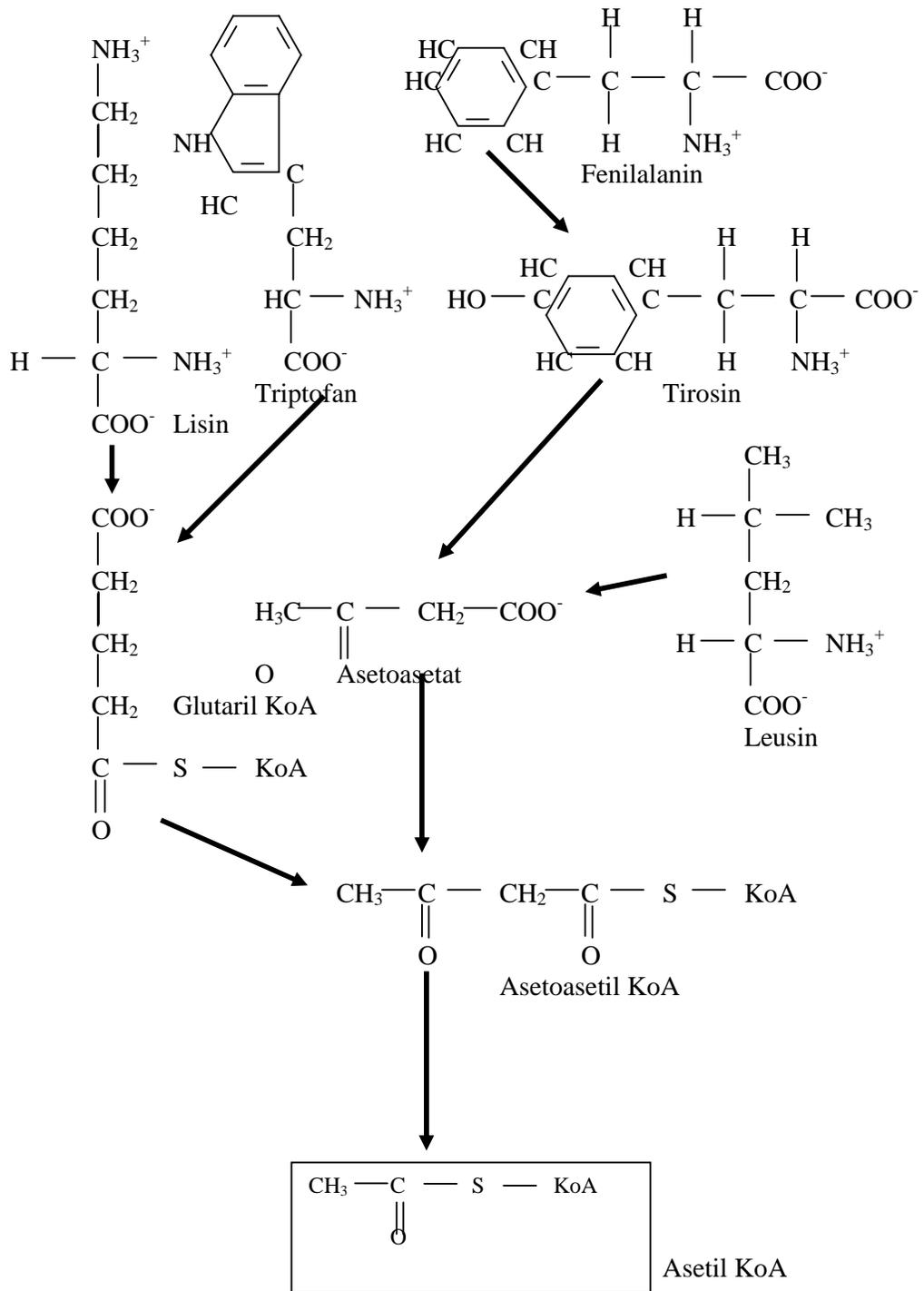
Gambar 3.1. Pembentukan asam amino non esensial dari treonin

bercampur dengan empedu yang dihasilkan oleh sel hati. Fungsi garam empedu adalah untuk menetralkan kimus yang bersifat asam dan menciptakan pH yang baik (sekitar 6 sampai dengan 8) untuk kerja enzim pankreas dan enzim usus.

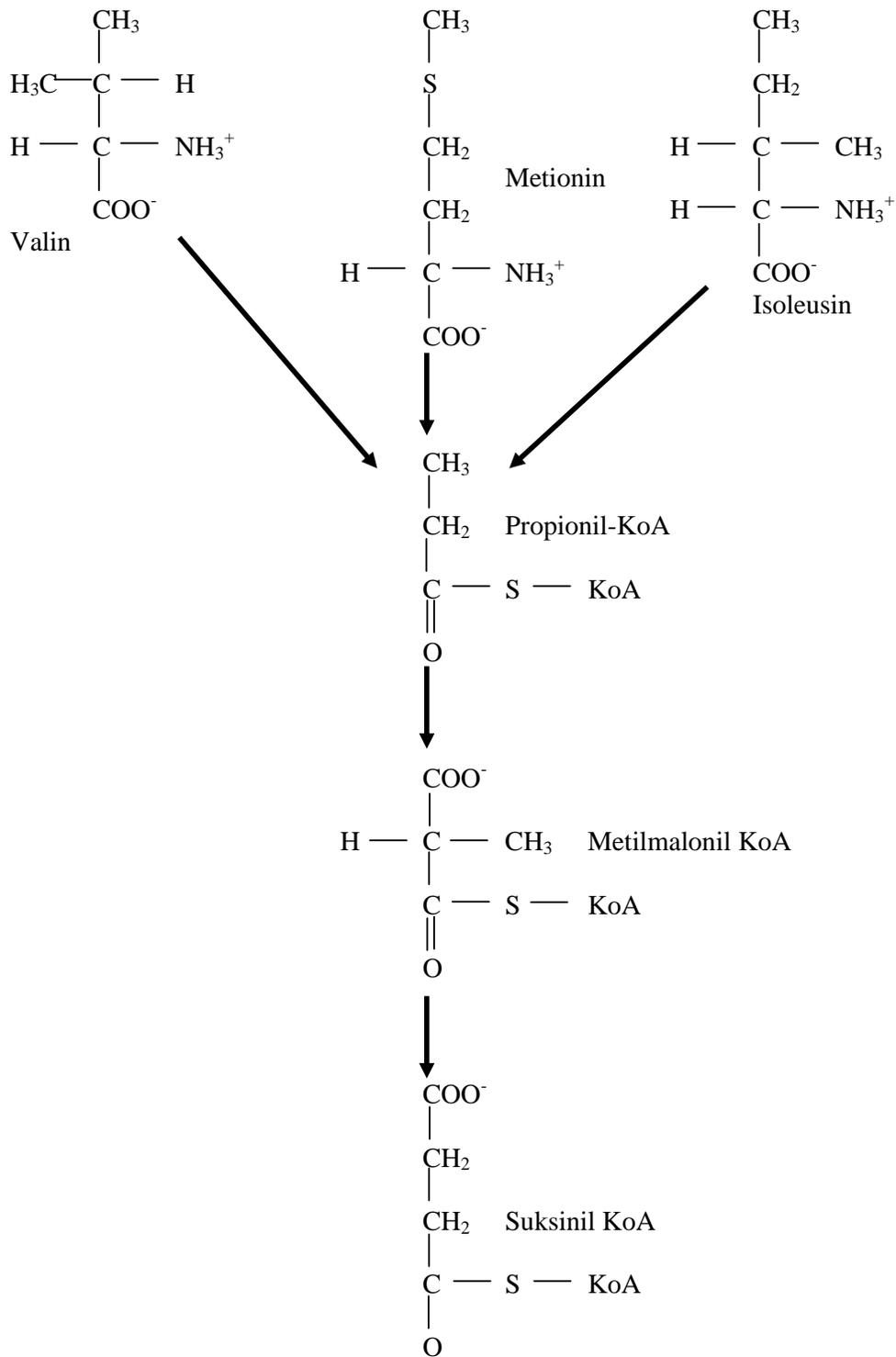
Pankreas menghasilkan endopeptidase berupa enzim tripsinogen dan kimotripsinogen. Enzim tripsinogen apabila bereaksi dengan enterokinase akan berubah menjadi tripsin. Setelah terbentuk, tripsin akan membantu meneruskan aktivasi tripsinogen, dan tripsin sendiri mengaktifkan kimotripsinogen menjadi



Gambar 3.2. Pembentukan asam amino non esensial dari arginin dan prolin



Gambar 3.3. Pembentukan asam amino non esensial dari lisin, triptofan dan fenilalanin



Gambar 3.4. Pembentukan asam amino non esensial dari valin, metionin dan isoleusin

kimotripsin. Berbagai enodpeptidase yaitu, pepsin, tripsin dan kimotripsin akan memecah ikatan-ikatan di dekat asam amino tertentu. Kerja sama enzim ini diperlukan dalam proses fragmentasi molekul protein. Pepsin hanya memecah ikatan yang dekat dengan fenilalanin, triptofan, metionin, leusin atau tirosin. Tripsin hanya memecah ikatan yang dekat dengan arginin atau lisin dan kimotripsin akan memecah ikatan yang dekat dengan asam amino aromatik, atau metionin. Eksopeptidase yang terdiri atas karboksipeptidase dan aminopeptidase yang disekresikan oleh pankreas dan usus halus akan bekerja pada ikatan peptida terminal, dan memisahkan asam amino satu demi satu. Karboksipeptidase memecah asam amino dari terminal karboksil sedangkan aminopeptidase memisahkan asam amino dari terminal amino (NH_2). Produk akhir dari pencernaan protein adalah asam amino dan peptida. Lebih dari 60 persen protein dicerna di dalam duodenum sisanya dicerna di dalam jejunum dan ileum. Makanan yang tidak dicerna akan didorong memasuki usus besar.

Penyerapan dimulai dengan kejadian pembesaran usus akibat kehadiran kimus. Beberapa kontraksi menyebabkan kontraksi lokal yang disebut segmentasi, membantu dalam pencampuran kimus. Kontraksi lain yang disebut peristalsis lebih menyerupai gelombang. Satu lapisan otot dinding usus berkontraksi sepanjang beberapa sentimeter dan diikuti dengan lapisan lainnya. Kontraksi demikian ini menggerakkan makanan dalam jarak pendek. Mukosa usus terdiri atas lapisan otot licin, jaringan ikat dan akhirnya epitel kolumnar sederhana dekat lumen. Pada epitel pelapis tersebut terdapat banyak sel goblet yang menghasilkan lendir dan sekresinya membantu melicinkan makanan dan melindungi lapisan usus terhadap kelecetan dan luka-luka karena zat-zat kimia. Pada mukosa terdapat banyak vilus (jonjot) kecil berbentuk jejeri tempat terdapat banyak pembuluh darah dan pembuluh limfa kecil. Lipatan sirkular dalam mukosa usus, vilus dan mikrovilus membentuk suatu tempat yang sangat luas untuk absorpsi (penyerapan). Pada dasar vilus terdapat bagian yang berbentuk tabung yang disebut kripta Lieberkuhn. Pembelahan mitotik sel-sel epitel pada dasar kripta akan terus menerus menghasilkan sel baru yang pindah ke luar melalui vilus dan terlepas. Dalam perjalanan ke luar, sel-sel itu berubah menjadi

sel-sel goblet yang menghasilkan lendir dan sel-sel absorpsi. Lapisan epitel ini akan menyerap air dan zat-zat makanan. Eksopeptidase usus terdapat juga pada tempat membran sel absorpsi dari vilus dan sel-sel yang sama ini juga merupakan tempat absorpsi asam amino. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa asam-asam amino isomer L lebih siap diabsorpsi dibandingkan dengan asam-asam amino isomer D. Perbedaan ini ditandai dengan tingkat absorpsi di antara asam-asam amino itu sendiri. Tingkat absorpsi pada 18 L-asam amino bergantung pada berat molekul, tetapi asam amino dengan ujung rantai non polar seperti metionin, valin, dan leusin lebih siap diabsorpsi dibandingkan dengan asam amino dengan rantai polar. Dijumpai juga bahwa L-metionin dan L-histidin diabsorpsi lebih cepat dibandingkan dengan isomer D.

Transport asam amino dari lumen usus halus ke sel mukosa melalui proses aktif dengan menggunakan gradien konsentrasi. Mekanisme transport membutuhkan energi khusus untuk asam amino bentuk L. Asam amino bentuk D lebih lambat diserap dibandingkan dengan bentuk L. Tiga mekanisme transport dideteksi dalam mukosa intestinal. Sistem pertama khusus untuk asam amino monoamino-monokarboksilat atau asam amino netral, sistem ke dua untuk arginin, lisin dan asam amino basa seperti sistin, dan sistem ke tiga untuk asam amino dikarboksilat atau asam amino asam.

Secara umum asam-asam amino setelah diserap oleh usus akan masuk ke dalam pembuluh darah, yang merupakan percabangan dari vena portal. Vena portal membawa asam-asam amino tersebut menuju sinusoid hati, di mana akan terjadi kontak dengan sel-sel epitel hati. Darah yang berasal dari sinusoid hati kemudian melintas menuju ke sirkulasi umum melalui vena-vena sentral dari hati menuju ke vena hepatic, yang kemudian masuk ke vena kava kaudal. Tabel 3.1. berikut ini memperlihatkan tingkat pencernaan dan penyerapan protein pada ayam umur tiga minggu yang diberi 20 persen protein dalam pakan.

Tabel 3.1. Tingkat pencernaan dan penyerapan protein pada ayam umur tiga minggu yang diberi 20 persen protein dalam pakan.

No.	Bagian usus halus	Panjang (cm)	Pencernaan kumulatif (%)	Penyerapan kumulatif (%)
1.	Duodenum	23,00	62,6	11,5
2.	Jejunum atas	22,50	79,8	57,4
3.	Jejunum bawah	22,50	84,1	69,9
4.	Ileum atas	23,50	90,5	78,5
5.	Ileum bawah	23,50	93,2	83,8

3.3. Metabolisme Protein

Proses metabolisme protein didahului dengan proses perombakan protein menjadi asam amino. Dalam sel, asam amino akan dibentuk kembali menjadi protein dengan melalui beberapa tahapan. Tahapan tersebut meliputi proses pembukaan (inisiasi), perpanjangan (elongasi) dan pengakhiran (terminasi). Proses sintesis protein melibatkan asam amino, molekul transfer RNA (tRNA), messenger RNA (mRNA) dan ribosom. Dalam sel yang tidak aktif, terdapat asam amino bebas, tRNA, ribosom dan prekursor mRNA (yaitu nukleoside trifosfat bebas). Bila sel memerlukan protein, maka akan terjadi berbagai rangkaian aktivitas sebagai berikut. Pertama-tama adalah transkripsi mRNA dalam inti sel, kemudian mRNA masuk ke dalam sitoplasma. Tahap ke dua adalah pengikatan asam amino bebas dengan tRNA untuk membentuk asam amino asil tRNA. Tahap ke tiga adalah penempelan amino asil tRNA ke mRNA yang cocok di ribosom, yang selanjutnya akan menyebabkan asam-asam amino saling berikatan membentuk polipeptida. Tahapan ke empat setelah terjadi proses sintesis protein berakhir, mRNA akan terurai menjadi ribonukleosidtrifosfat dan ribosom akan kembali terpisah menjadi unit-unitnya. Kode asam amino dapat dilihat pada Tabel 3.2.

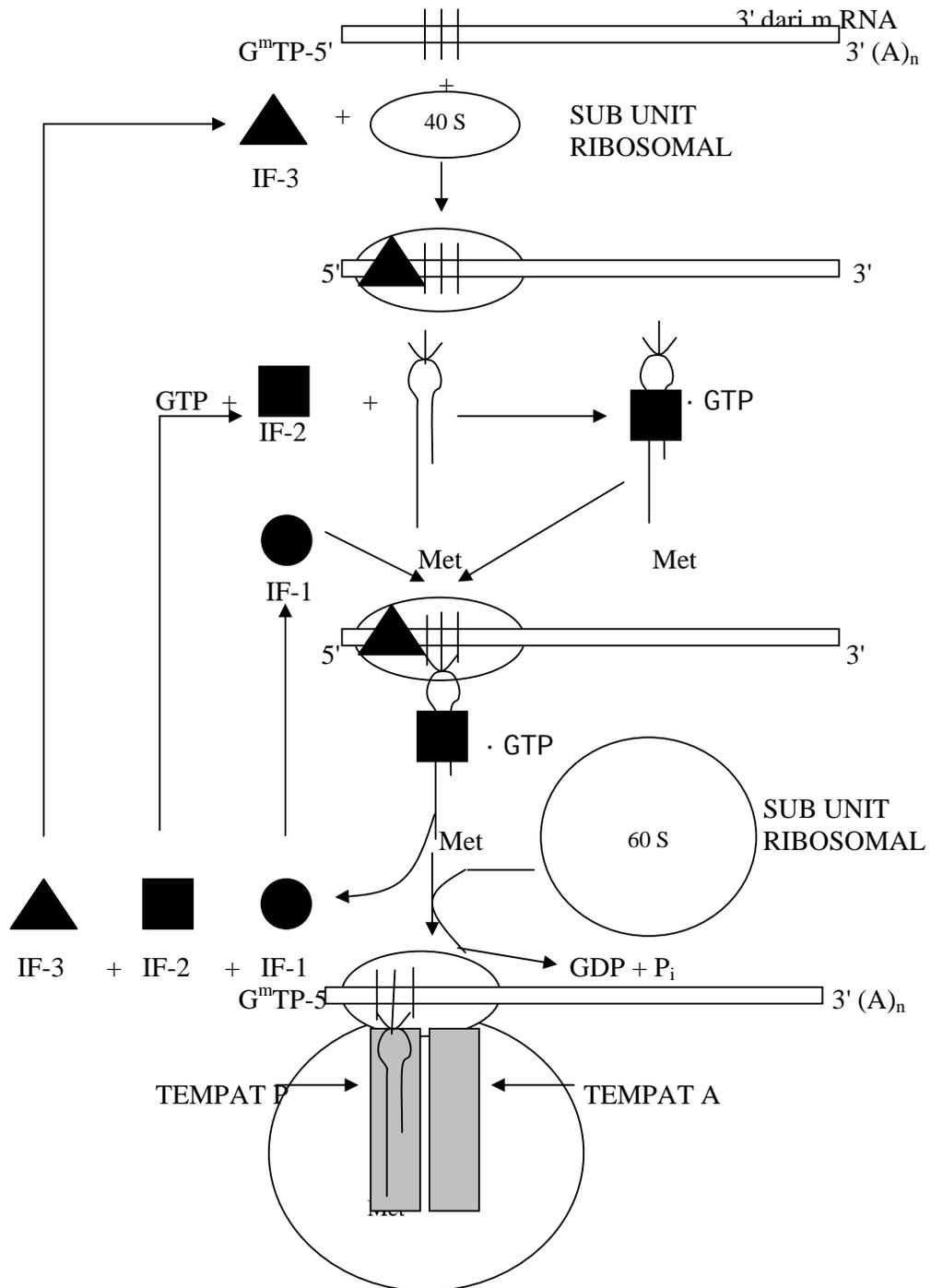
Tabel 3.2. Posisi masing-masing asam amino dalam pembentukan ikatan peptida

5'OH terminal base	Middle base				3'OH terminal base
	U	C	A	G	
U	Fenilalanin	Serin	Tirosin	Sistin	U
	Fenilalanin	Serin	Tirosin	Sistin	C
	Leusin	Serin	Terminal	Terminal	A
	Leusin	Serin	Terminal	Triptofan	G
C	Leusin	Prolin	Histidin	Arginin	U
	Leusin	Prolin	Histidin	Arginin	C
	Leusin	Prolin	Glutamin	Arginin	A
	Leusin	Prolin	Glutamin	Arginin	G
A	Isoleusin	Treonn	Asparagin	Serin	U
	Isoleusin	Treonn	Asparagin	Serin	C
	Isoleusin	Treonn	Lisin	Arginin	A
	Metionin	Treonn	Lisin	Arginin	G
G	fMetionin				
	Valin	Alanin	Asam aspartat	Glisin	U
	Valin	Alanin	Asam aspartat	Glisin	C
	Valin	Alanin	Asam glutamat	Glisin	A
	Valin	Alanin	Asam glutamat	Glisin	G
	fMetionin				

Langkah pertama dalam proses inisiasi (pembukaan) sintesis protein adalah pembukaan oleh N-formil-L-methionine-transfer RNA complex (fMet-tRNA^{Met}). Kompleks ini dapat mengenal *initiator kodon* (kodon pembuka) AUG (atau GUG) yang merupakan tanda untuk memulai pengkodean rangkaian protein dalam mRNA dan dapat membedakan dari AUG internal, yang juga kodon untuk metionin (atau GUG internal yang merupakan kodon untuk valin). N-formil-L-methionine-transfer RNA complex (fMet-tRNA^{Met}) dapat memulai sintesis protein karena ada dua sebab, yaitu : (1) hanya fMet-tRNA^{Met} yang dapat langsung mengikat P (peptidil) site (tempat P) di ribosom sedangkan semua aminoasil-tRNA hanya dapat mulai mengikat pada A (amino) site (tempat A) dan (2) hanya fMet-tRNA^{Met} yang dapat berikatan dengan hidrogen pada kodon pembuka (dapat dilihat pada Gambar 3.5).

Pada awalnya tempat P (P site) akan tepat berada pada fMet-tRNA^{Met}, sedangkan tempat A (A site) akan berhadapan dengan kodon yang ada di hilir

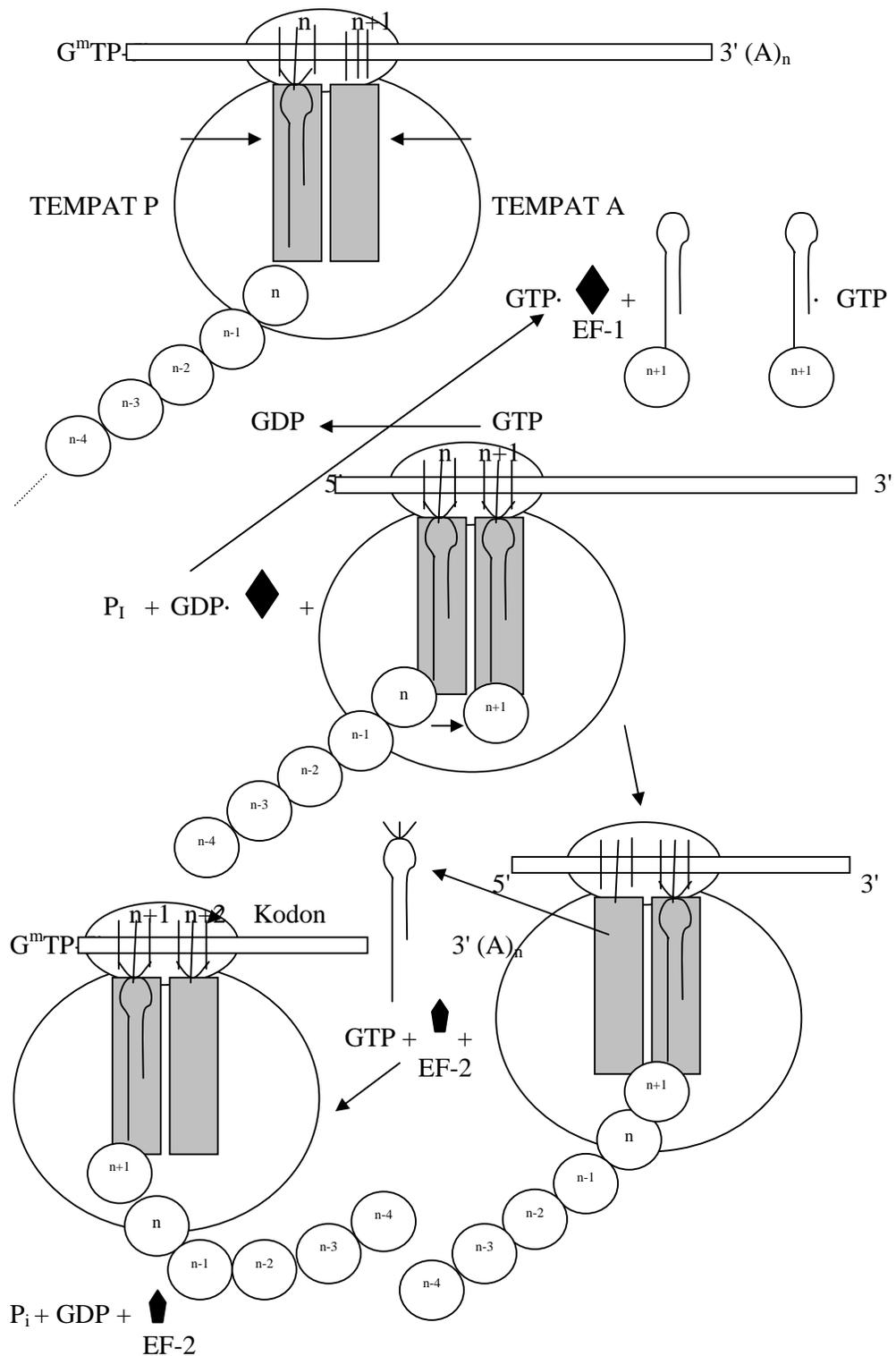
5' CAP KODON PENGAWAL (INITIATING CODON) Ekor poli (A)



Gambar 3.5. Permulaan sintesis protein. Tempat P dan tempat A masing-masing menggambarkan tempat ikatan peptidil tRNA dan aminoasil-tRNA ribosom

kodon awal. Tempat A siap menerima tRNA yang cocok, yaitu yang mempunyai antikodon yang anti paralel terhadap kodon pada tempat tersebut. Suatu tRNA dengan anti kodon yang tidak sesuai akan ditolak menempati tempat A. Bila sudah terdapat tRNA yang cocok pada tempat P (yaitu fMet-tRNA_f^{Met}) maka akan dibentuk ikatan polipeptida, yaitu dengan melepaskan asam amino yang terdapat pada tempat P dan mengaitkannya pada ujung -NH₃⁺ asam amino pada tempat A. Tugas pembentukan ikatan peptida dilakukan oleh enzim peptide transferase. Setelah ikatan peptida terbentuk, ribosom akan bergeser satu kodon ke arah ujung 3' OH mRNA. Transfer RNA yang asalnya terdapat pada tempat A akan pindah ke tempat P, dan tRNA yang asalnya berada pada tempat P akan keluar bebas dalam sitoplasma. Tempat A akan menjadi kosong dan siap untuk menerima tRNA yang lain.

Ikatan aminoasil-tRNA yang tepat pada tempat A memerlukan pengenalan kodon yang tepat. Elongation faktor 1 (EF-1) membentuk kompleks dengan GTP (guanin tri fosfat) dan aminoasil-tRNA yang masuk. Kompleks ini kemudian memungkinkan aminoasil-tRNA untuk memasuki tempat A. Gugus α -amino dari aminoasil-tRNA yang baru pada tempat A melakukan serangan nukleofilik terhadap gugus karboksil yang diesterkan dari peptidil tRNA yang menduduki tempat P. Reaksi ini dikatalis oleh komponen protein, *peptidil transferase*. Karena asam amino pada aminoasil-tRNA sudah "aktif", tidak ada energi yang selanjutnya diperlukan untuk reaksi ini. Reaksi ini menghasilkan pengikatan rantai peptida yang sedang tumbuh pada tRNA pada tempat A. Pada pembuangan bagian peptidil dari tRNA pada tempat P, tRNA yang dikeluarkan dengan cepat mengosongkan tempat P. Elongation faktor 2 (EF-2) dan GTP bertanggung jawab untuk translokasi peptidil-tRNA yang baru terbentuk pada tempat A ke dalam tempat P yang kosong. GTP yang diperlukan untuk EF-2 dihidrolisis menjadi GDP (guanin di fosfat) dan fosfat selama proses translokasi. Translokasi peptidil-tRNA yang baru terbentuk dan kodonnya yang sesuai ke dalam tempat P kemudian membebaskan tempat A untuk siklus pengenalan dan elongasi kodon aminoasil-tRNA selanjutnya dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut ini).



Gambar 3.6. Proses pemanjangan peptida sintesis protein

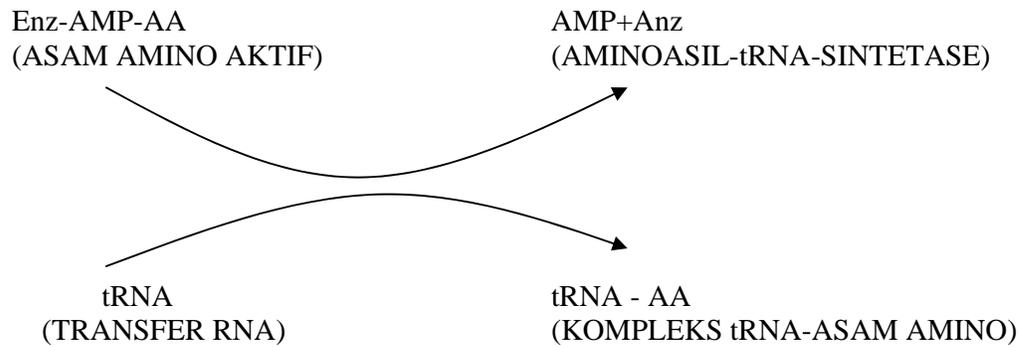
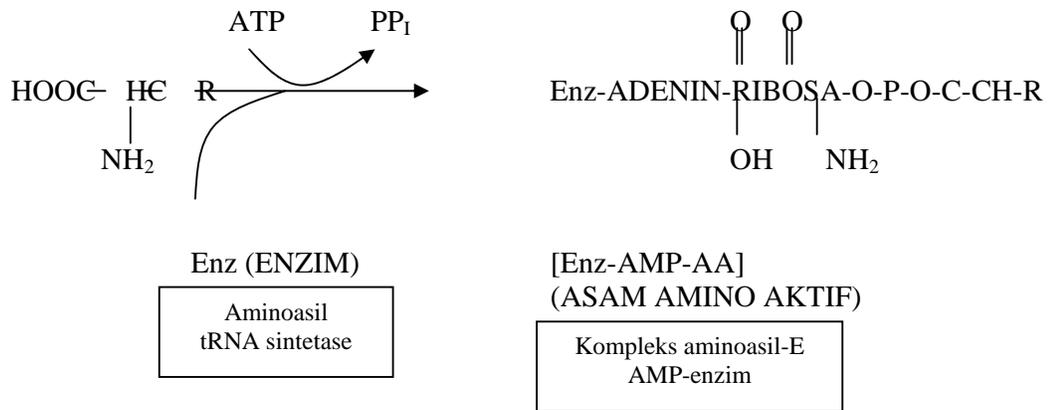
Setelah elongasi yang menghasilkan polimerisasi asam-asam amino spesifik ke dalam molekul protein diulang berkali-kali, kodon nonsense atau terminasi mRNA muncul pada tempat A. Tidak terdapat tRNA dengan anti kodon untuk mengenal signal terminasi tersebut. *Releasing faktor* mampu mengetahui bahwa signal terminasi terdapat pada tempat P. *Releasing faktor* dalam hubungan dengan GTP dan peptidil transferase, menghidrolisis ikatan antara peptida dan tRNA yang menduduki tempat P. "*Releasing faktor*" adalah protein yang menghidrolisis ikatan peptidil-tRNA bila suatu kodon nonsense menduduki tempat A. Proses pengikatan asam amino dan mekanisme pengakhiran sintesis asam amino dapat dilihat pada Gambar 3.7 dan 3.8.

3.4. Kebutuhan Protein untuk Unggas

Kebutuhan protein untuk masing-masing unggas berbeda-beda. Faktor-faktor yang mempengaruhi kebutuhan unggas akan protein antara lain suhu lingkungan, umur, spesies/bangsa/strain, kandungan asam amino, pencernaan. Unggas mempunyai suhu tubuh antara 39 - 41°C yang lebih tinggi dibandingkan dengan suhu tubuh ternak lain sehingga memerlukan energi pemeliharaan yang lebih banyak. Semakin meningkat suhu lingkungan menyebabkan unggas memerlukan energi yang lebih sedikit, tetapi memerlukan protein yang lebih banyak.

Unggas muda lebih cepat pertumbuhannya bila dibandingkan dengan unggas yang lebih tua, dengan demikian kebutuhan akan protein dan asam aminonya akan berbeda. Unggas muda memerlukan protein yang lebih banyak dibanding unggas yang lebih tua. Sebagai contoh, ayam pedaging berumur kurang dari tiga minggu memerlukan protein sebesar 23 persen, sementara yang lebih dari tiga minggu hanya memerlukan 20 persen protein.

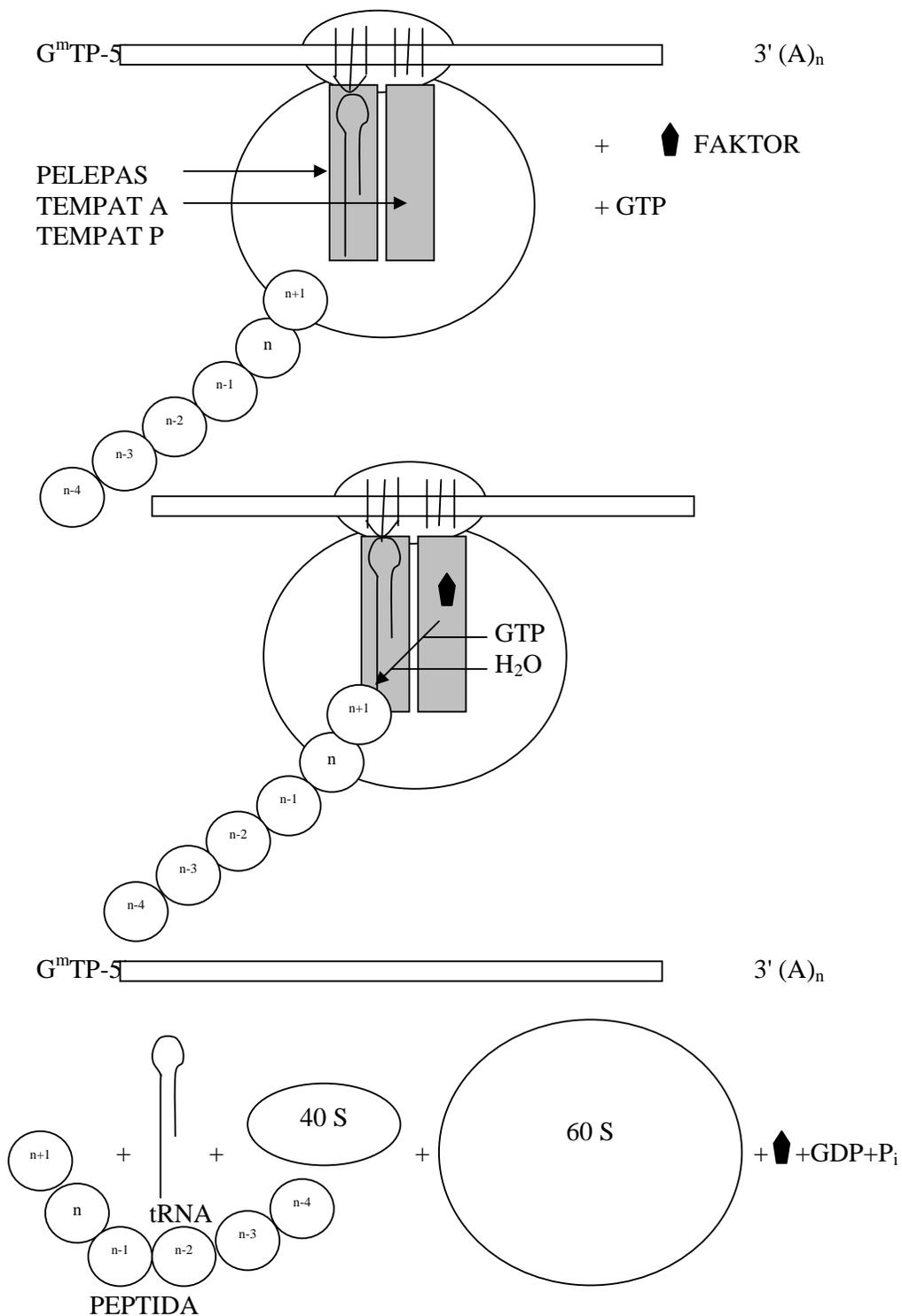
Spesies yang berbeda memerlukan protein per unit pertambahan bobot badan yang berbeda pula. Itik dan burung akan menghasilkan pertambahan bobot badan yang lebih baik per unit protein pakan dari pada ayam dan kalkun. Kebutuhan akan asam amino metionin pada jenis (*breed*) ayam *White Leghorn* adalah lebih tinggi dari pada jenis ayam *Australorp*. Begitu pula kebutuhan akan



Gambar 3.7. Proses pengikatan asam amino dengan tRNA

protein juga berbeda di antara masing-masing keturunan (*strain*).

Penambahan protein ke dalam pakan yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan akan salah satu asam amino esensial sering mengakibatkan problem dalam keberadaan asam amino esensial. Problem tersebut meliputi ketidakseimbangan asam amino, antagonisme asam amino, keracunan asam amino dan defisiensi asam amino dan ketersediaan asam amino. Ketidakseimbangan asam amino biasanya terjadi pada pakan yang rendah protein. Contoh ketidakseimbangan asam amino akan terjadi apabila terjadi defisiensi metionin



Gambar 3.8. Mekanisme pengakhiran sintesis protein

dan lisin, kemudian ditambahkan lisin sebagai pemecahannya, hal tersebut mengakibatkan hambatan pertumbuhan. Antagonisme asam amino menimpa asam amino arginin melawan lisin, leusin melawan isoleusin dan valin. Hambatan pertumbuhan akibat defisiensi suatu asam amino dapat diperbaiki oleh asam amino yang merupakan antagonisme dari asam amino tersebut. Contohnya apabila leusin meningkat yang mengakibatkan penghambatan pertumbuhan dapat dinetralkan dengan peningkatan isoleusin dan valin. Kelebihan lisin akan menghambat penyerapan arginin, sehingga dalam pakan harus ditambahkan arginin. Pemberian kasein yang kandungan lisinnya tinggi dibanding arginin (2 : 1) harus memerlukan penambahan arginin agar ada perbaikan sampai tercapaiimbangan 1,2 : 1. Keracunan terjadi apabila salah satu asam amino melebihi jumlah kebutuhannya. Kelebihan metionin berakibat menghambat pertumbuhan. Glisin beracun untuk anak ayam yang kekurangan niasin atau asam folat. Tirosin, fenilalanin, triptofan dan histidin beracun apabila diberikan pada level tinggi sebesar 2 sampai dengan 4 persen pada pakan. Defisiensi asam amino umumnya akan menghambat pertumbuhan, penimbunan lemak karena kelebihan energi dan pertumbuhan terhenti sebesar 6 sampai dengan 7 persen per hari. Umumnya pakan unggas yang berasal dari produk nabati mempunyai kekurangan asam amino lisin dan metionin, sehingga perlu disuplementasikan dalam pakan dalam bentuk asam amino sintetis. Ada beberapa asam amino di dalam protein yang berikatan sangat kuat dengan senyawa lain sehingga enzim sukar untuk dapat mencerna atau membebaskan asam amino tersebut untuk dapat diabsorpsi. Misalnya senyawa yang disebut soyin yang mengikat metionin yang terdapat di dalam kedelai mentah. Salah satu cara agar metionin dapat dibebaskan adalah dengan jalan pemanasan, sehingga soyin tidak aktif dan dengan demikian enzim tripsin dapat membebaskan metionin untuk dapat diabsorpsi.

Kecernaan protein masing-masing bahan pakan berbeda-beda. Bahan pakan yang berasal dari produk hewani secara umum lebih mudah dicerna dibanding produk nabati. Dari beberapa macam protein, ada yang mempunyai pencernaan yang lambat, sehingga mengakibatkan asam amino lain yang telah tersedia akan mengalami deaminasi sebelum asam amino dari protein tersebut di

atas terbebaskan untuk bergabung menjadi protein dalam tubuh. Hati tidak mampu menyimpan asam amino, sehingga bila asam amino tidak dapat diabsorpsi tepat pada waktunya maka asam amino tersebut tidak dapat digunakan untuk sintesis protein. Kebutuhan protein tersebut sudah diteliti oleh pakar perunggasan dan salah satunya dikumpulkan dalam *Nutritional Requirement of Council* yang dapat dilihat pada Tabel 3.3. dan 3.4.

Tabel 3.3. Kebutuhan protein masing-masing unggas menurut NRC (1994)

No	Komponen nutrisi	Ayam pedaging			Ayam petelur		
		Umur (minggu)			Umur (minggu)		
		0-3	3-6	0-6	6-14	14-20	>20
.....%.....							
1.	Protein	23	20	18	15	12	14,5
2.	Arginin	1,44	1,20	1,00	0,83	0,67	0,68
3.	Glisin + serin	1,50	1,00	0,70	0,58	0,47	0,50
4.	Histidin	0,35	0,30	0,26	0,22	0,17	0,16
5.	Isoleusin	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,50
6.	Leusin	1,86	1,48	1,00	0,83	0,67	0,73
7.	Lisin	1,20	1,00	0,85	0,60	0,45	0,64
8.	Metionin + Sistin	0,98	0,72	0,60	0,50	0,40	0,55
9.	Metionin	0,80	0,38	0,30	0,25	0,20	0,32
10.	Fenilalanin + Tirosin		1,17	1,00	0,83	0,67	0,80
11.	Fenilalanin	0,72	0,63	0,54	0,45	0,36	0,40
12.	Tirosin	0,80	0,71	0,68	0,57	0,37	0,45
13.	Triptofan	0,21	0,18	0,17	0,14	0,11	0,14
14.	Valin	0,82	0,72	0,62	0,52	0,41	0,55

Kebutuhan protein maupun asam amino dapat diukur dengan memperhatikan kebutuhan protein untuk hidup pokok, pertumbuhan jaringan bulu dan produksi telur. Perhitungan kebutuhan protein harus memperhitungkan tingkat efisiensi penggunaan protein pada masing-masing unggas. Umumnya ayam pedaging mempunyai tingkat efisiensi sebesar 67 persen, ayam petelur sedang tumbuh sebesar 61 persen dan ayam petelur sedang berproduksi sebesar 55 persen. Contoh perhitungan kebutuhan protein untuk unggas dapat dikemukakan dalam beberapa perhitungan sebagai berikut.

Tabel 3.4. Kebutuhan protein masing-masing unggas menurut NRC (1994)

No.	Komponen nutrisi	Itik			Puyuh	
		Umur (minggu) 0-2	Umur (minggu) 2-7	Breeding g	Umur (minggu) Starting dam growing	Breeding dam
.....%						
1.	Protein	22,00	16,00	15,00	24,00	20,00
2.	Arginin	1,10	1,00	-	1,25	1,26
3.	Glisin + serin				1,20	1,17
4.	Histidin				0,36	0,42
5.	Isoleusin				0,98	0,90
6.	Leusin				1,69	1,42
7.	Lisin	1,10	0,90	0,70	1,30	1,15
8.	Metionin + Sistin	0,80	0,60	0,55	0,75	0,76
9.	Metionin				0,50	0,45
10.	Fenilalanin + Tirosin				1,80	1,40
11.	Fenilalanin				0,96	0,78
12.	Tirosin				1,02	0,74
13.	Triptofan				0,22	0,19
14.	Valin				0,95	0,92

Pada ayam yang sedang bertumbuh, kebutuhan protein untuk hidup pokok hanya sebesar 1,6 g/kg bobot badan. Angka ini sangat kecil jika dibandingkan dengan kebutuhan untuk aktivitas dan produksi. Oleh karena itu kebutuhan akan protein sangat bergantung pada aktivitas produksi daging. Laju pertumbuhan tertinggi pada ayam adalah pada bagian awal dari masa pertumbuhan. Oleh karena itu pada periode tersebut kebutuhan proteinnya lebih tinggi dari pada periode-periode berikutnya. Pada fase ini penambahan bobot badan (berdasarkan berat kering) sebagian besar adalah timbunan protein. Kebutuhan harian akan protein untuk hidup pokok, pembentukan jaringan otot dan pertumbuhan bulu dapat diformulasikan sebagai berikut :

1. Untuk hidup pokok = $(BB \times 0,0016)/0,61$

Keterangan :

BB : bobot badan (gram)

0,0016 : kehilangan nitrogen endogen sebesar 1,6 g/kg BB dengan perhitungan sebagai berikut : 250 mg N/kg BB atau 201 mg/kg BB^{0,75} dikalikan dengan faktor protein = 6,25.

0,61 : efisiensi penggunaan protein untuk ayam yang sedang bertumbuh sebesar 61 persen

2. Untuk pertumbuhan jaringan = (PBB x 0,18)/0,61

Keterangan :

PBB : penambahan bobot badan

0,18 : bagian kandungan protein dalam karkas

3. Untuk pertumbuhan bulu = (PBB x 0,07 x 0,82)/0,61

Keterangan :

0,07 : persentase berat bulu pada umur di atas 4 minggu sebesar 7%,
pada umur di bawah 4 minggu dikalikan dengan 0,04 atau 4%

0,82 : kandungan protein bulu

Formula yang digunakan untuk menghitung kebutuhan protein pada ayam sedang tumbuh adalah :

$$(0,0016 \times BB \text{ (g)} + PBB \text{ (g)} \times 0,18 + 0,07 \times PBB \text{ (g)} \times 0,82)/0,61$$

Pada ayam yang sedang bertelur, kebutuhan protein di samping untuk hidup pokok, pertumbuhan jaringan dan bulu, juga dibutuhkan untuk pembentukan telur. Perhitungan kebutuhan protein pada ayam yang sedang bertelur pada tahap pertama dapat dikemukakan sebagai berikut.

1. Untuk hidup pokok = (BB x 0,0016)/0,55

Apabila bobot badannya sebesar 1,5 kg maka : $201 \text{ mg} \times 1,5^{0,75} = 273 \text{ mg/hari}$ dikalikan dengan faktor protein sebesar 6,25, maka : $273 \text{ mg} \times 6,25 = 1700 \text{ mg}$ protein per hari. Apabila efisiensi penggunaan protein sebesar 55 persen, maka : $1700 \text{ mg}/0,55 = 3090 \text{ mg}$ per hari = 3 g/hari

2. Untuk pertumbuhan jaringan = (PBB x 0,18)/0,55

Selama produksi tahap pertama umur 20 sampai dengan 35 minggu atau selama 15 minggu (105 hari), bobot badan bertambah sebesar 450 gram, yaitu dari 1335 gram menjadi 1800 gram. Sehingga penambahan bobot badan per hari sebesar = $450 \text{ g}/105 \text{ hari} = 4,29 \text{ g/hari}$. Sehingga untuk pertumbuhan jaringan protein yang diperlukan adalah sebesar = $(4,29 \text{ gram} \times 0,18)/0,55 = 1,4 \text{ gram}$.

$$\begin{aligned}
\text{3. Untuk pertumbuhan bulu} &= (\text{PBB} \times 0,07 \times 0,82)/0,55 \\
&= (4,29 \text{ gram} \times 0,07 \times 0,82)/0,55 \\
&= 0,24 \text{ gram}
\end{aligned}$$

$$\text{4. Untuk produksi satu telur : (berat telur x kandungan protein telur)/0,55}$$

Apabila berat telur sebesar 56 gram dengan kandungan protein telur sebesar 12 persen maka : $(56 \text{ gram} \times 0,12) \times 0,55 = 12,2 \text{ gram}$. Jadi kebutuhan protein untuk ayam petelur pada tahap pertama adalah = 3 gram + 1,4 gram + 0,24 gram + 12,2 gram = 17 gram/hari.

Sebagaimana diketahui kebutuhan akan protein sebenarnya adalah kebutuhan akan asam amino esensial. Adapun untuk menghitung kebutuhan asam amino dapat digunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Kebutuhan netto asam amino (g/hari)} = (\text{PBB} \times 0,18 \times \text{AA}_t) + (\text{PBB}_1 \times 0,82 \times \text{AA}_1)$$

Keterangan :

PBB : pertambahan bobot badan (g/hari)

0,18 : kandungan protein dalam daging

AA_t : asam amino dalam protein daging

0,82 : kandungan protein dalam bulu

AA_1 : asam amino dalam protein bulu

PBB_1 : pertambahan berat bulu (g/hari)

Penilaian keefektifan relatif dari protein yang masuk ke dalam tubuh dapat diukur dengan beberapa cara, antara lain dengan imbangannya efisiensi protein, nilai biologis protein, keseimbangan nitrogen, nilai protein netto dan efisiensi retensi protein.

Imbangan efisiensi protein didefinisikan sebagai pertambahan bobot badan per satuan pengambilan protein dalam tubuh. Definisi yang sejenis adalah imbangan antara jumlah protein yang dapat dicerna dengan jumlah seluruh zat-zat lainnya yang dapat dicerna. Efisiensi imbangan protein digunakan untuk menentukan kualitas protein di dalam pakan. Protein mempunyai kualitas yang beraneka ragam bergantung sampai seberapa jauh protein itu dapat menyediakan asam amino esensial dalam jumlah yang memadai. Salah satu cara yang sederhana untuk mengukur kualitas protein tersebut adalah dengan *Protein Efficiency*

Ratio yang diperoleh secara sederhana dari pertambahan bobot badan dibagi konsumsi protein.

Percobaan biologis digunakan untuk menentukan beberapa daya cerna nutrisi terutama protein dan energi metabolis. Evaluasi kimiawi suatu bahan pakan harus didukung oleh percobaan biologis untuk mengetahui kegunaan dan kandungan nutrisi pakan. Pada unggas penentuan daya cerna yang sebenarnya sangat sulit dilakukan karena saluran pencernaan bergabung dengan saluran urine dalam pembuangannya. Kecernaan nutrisi pada unggas adalah selisih antara nutrisi yang terkandung dalam pakan yang dikonsumsi dan nutrisi dalam ekskreta. Nilai biologis protein dihitung dari berapa proporsi nitrogen yang diserap yang dapat dimanfaatkan oleh tubuh. Semua N yang tidak dikeluarkan lewat urine dan feses dapat diartikan dimanfaatkan oleh tubuh untuk keperluan penyusunan asam amino. Jadi nilai biologis protein adalah suatu persentase *true digestibility* protein yang digunakan oleh tubuh. Rumus dari **nilai biologis protein** adalah :

$$\%BV = \frac{100 \times N_{\text{intake}} - (N_{\text{feses}} - N_{\text{metabolik}}) + (N_{\text{urin}} - N_{\text{endogenous}})}{N_{\text{intake}} - (N_{\text{feses}} - N_{\text{metabolik}})}$$

Keterangan :

BV = Biological Value

N = Nitrogen

Nitrogen feses metabolik dan nitrogen endogenus adalah nitrogen yang dikeluarkan lewat feses dan urine tanpa ada yang berasal dari nitrogen protein pakan. Dua parameter ini dipakai sebagai koreksi sehingga angka BV benar-benar dari protein yang diukur. Ternak unggas yang dipakai dalam mengukur BV ini diberi pakan bebas N. Tinggi rendahnya nilai biologis protein bergantung pada macam dan imbangannya asam amino esensial yang menyusunnya. Makin banyak macamnya dan makin baik imbangannya maka akan makin tinggi nilai biologis protein tersebut. Di samping itu makin banyak macam bahan pakan yang digunakan sebagai sumber protein ternyata memberikan nilai biologis yang makin tinggi, hal ini disebabkan adanya *supplementary effect of proteins* yaitu pengaruh tambahan dari berbagai macam protein.

Kebutuhan dan kualitas protein dapat diukur juga dari neraca nitrogen (*nitrogen balance*). Keseimbangan nitrogen adalah salah satu metode yang tertua dan sering digunakan untuk penentuan kebutuhan dan kualitas protein. Bila terjadi ekskresi nitrogen berarti dalam tubuh terjadi oksidasi protein atau asam amino. Protein yang berkualitas rendah akan mengekskresikan nitrogen yang lebih banyak. Asam amino yang berkualitas rendah kemungkinan akan mengalami deaminasi, dan nitrogennya disekskresikan berupa asam urat pada unggas, sedang rantai karbonnya diubah menjadi asam lemak, karbohidrat atau langsung digunakan untuk energi. Penentuan keseimbangan nitrogen umumnya dikerjakan dengan jalan menggunakan hewan dan menampung feses dan urinenya untuk mencari kandungan nitrogennya. Pada unggas, diperlukan cara khusus yaitu dengan memisahkan saluran feses dengan saluran urin agar bisa ditampung sendiri-sendiri, dengan demikian dapat diketahui jumlah nitrogen yang keluar bersama feses dan yang bersama urin. Hitungan ini adalah untuk menggambarkan perbedaan antara *nitrogen intake* dengan *nitrogen output*. Rumus yang digunakan adalah :

$$B = I - (U + F)$$

Keterangan :

B = retensi nitrogen

I = *nitrogen intake*

U = nitrogen yang keluar lewat urine

F = nitrogen yang keluar lewat feses

Nilai protein netto digunakan karena teknik pengukuran nilai biologis protein menimbulkan masalah pada unggas, yaitu adanya kesulitan untuk memisahkan antara feses dan urin. Prosedur ini berdasarkan analisis karkas. Rumus yang digunakan adalah :

$$NPV = \frac{B_f - B_k + I_k \times 100}{I_f}$$

Keterangan :

B_f : Nitrogen karkas unggas yang diberi pakan percobaan

B_k : Nitrogen karkas unggas yang diberi pakan bebas nitrogen

- If : Konsumsi nitrogen pakan percobaan
Ik : Konsumsi nitrogen pakan bebas nitrogen

Nilai protein netto dari beberapa pakan hasil dari beberapa penelitian adalah : telur sebesar 66, bungkil kacang tanah sebesar 39, bungkil wijen sebesar 56, bungkil kacang kedelai sebesar 55, dan bungkil kacang kedelai yang disuplementasi dengan metionin sebesar 68.

Protein netto juga dapat diestimasi dengan metode lain, yaitu **efisiensi retensi protein**, dengan cara pengukuran :

$$\text{ERP} = \frac{G_f - G_k}{P_f} \times 18\%$$

Keterangan :

- Gf : penambahan atau pengurangan bobot ayam pada pakan percobaan
Gk : penambahan atau pengurangan bobot ayam pada pakan bebas N
Pf : konsumsi protein pakan percobaan
18% : kandungan protein pada karkas