

BAB IV

VITAMIN UNTUK UNGGAS

4.1. Pengertian Vitamin

Mendefinisikan vitamin merupakan usaha yang agak panjang karena beberapa kepentingan harus dicakup. Beberapa kumpulan definisi yang dapat diterangkan adalah vitamin merupakan sejumlah persenyawaan organik yang secara umum tidak ada hubungan atau kesamaan kimiawi satu sama lain. Vitamin merupakan komponen dari bahan makanan tetapi bukan karbohidrat, lemak, protein dan air, dan terdapat dalam jumlah sedikit. Vitamin tersebut harus tersedia dalam pakan karena tidak dapat disintesis oleh ternak dan esensial untuk perkembangan jaringan normal dan untuk kesehatan, pertumbuhan dan hidup pokok karena tubuh tidak dapat mensintesis sendiri, kecuali beberapa vitamin seperti vitamin C pada ayam dan vitamin B kompleks pada ruminansia. Vitamin sangat diperlukan untuk reaksi-reaksi spesifik dalam sel tubuh hewan. Zat ini penting untuk fungsi jaringan tubuh secara normal, untuk kesehatan, pemeliharaan dan pertumbuhan jaringan. Vitamin berperan sebagai koenzim atau katalisator hayati, yaitu berperan sebagai mediator dalam sintesis atau degradasi suatu zat tanpa ikut menyusun zat yang disintesis atau dipecah tadi. Apabila vitamin tidak terdapat dalam pakan atau tidak dapat diabsorpsi akan mengakibatkan penyakit defisiensi yang khas atau sindrom yang dapat diperbaiki dengan pemberian vitamin itu sendiri. Gejala-gejala tersebut biasa disebut avitaminosis atau hipovitaminosis.

Peranan vitamin di dalam tubuh dapat pula dipengaruhi oleh zat-zat tertentu yang ada dalam pakan atau pangan yang mempunyai struktur hampir sama dengan vitamin. Zat tersebut adalah zat antivitamin atau vitamin antagonis. Sebagai contoh, pada ikan mentah terdapat tiaminase yang menghambat kerja vitamin B₆. Di samping itu kebutuhan vitamin juga dapat naik lantaran kandungan zat-zat tertentu dalam pakan tinggi. Misalnya pada pakan dengan protein tinggi maka kebutuhan vitamin B₆ meningkat. Bila banyak karbohidrat sebagai pemasok energi dalam ransum maka kebutuhan vitamin B₁ juga naik. Zat-zat bakteri statik dan antibiotika yang diberikan terus menerus lewat oral juga

akan meningkatkan kebutuhan akan vitamin B dan K. Juga pada ternak yang sedang stress atau terkena penyakit, kebutuhan vitamin akan naik.

Vitamin diberikan nama abjad sesuai dengan urutan waktu penemuannya. Vitamin diberi nama ketika berhasil diisolasi secara terpisah dan struktur kimianya diidentifikasi. Sembilan senyawa atau golongan senyawa yang berhubungan erat dianggap sebagai vitamin untuk nutrisi hewan.

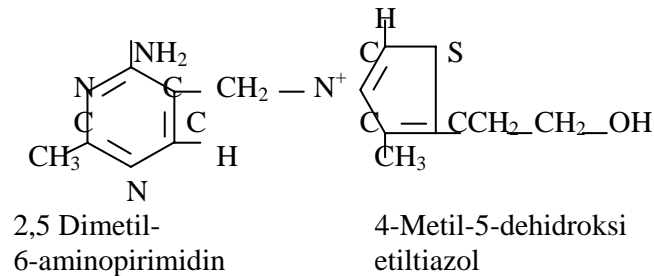
Walaupun struktur kimia dan fungsi biokimia sangat heterogen, vitamin secara garis besar dapat digolongkan menjadi dua golongan, golongan pertama yaitu vitamin yang larut dalam lemak atau diserap dengan lemak yang terdiri atas vitamin A, D, E dan K. Golongan ke dua adalah vitamin yang larut dalam air atau diserap dengan air, yang terdiri atas vitamin B₁ (tiamin), B₂ (riboflavin), B₅ (asam pantotenat), B₆ (piridoksin), B₁₂ (kobalamin), niasin (asam nikotinat), asam folat (asam pteroilglutamat) dan C.

4. 2. Vitamin yang Larut dalam Air

Vitamin ini biasanya berhubungan dengan bagian cairan tubuh. Vitamin-vitamin yang larut dalam air berfungsi sebagai enzim dalam berbagai reaksi metabolisme tertentu. Sifat-sifat umum vitamin ini adalah molekul itu tidak hanya tersusun atas unsur C, H dan O, molekul itu polar sehingga larut dalam air, tidak mempunyai provitamin, terdapat disemua jaringan, berfungsi sebagai prekursor enzim-enzim, tidak disimpan secara khusus dalam tubuh. Vitamin ini akan diekskresikan dalam urin bila kadar serumnya melebihi saturasi jaringan (yang selanjutnya mencerminkan pengikatan kofaktor vitamin ke enzim dan protein transport). Vitamin ini relatif lebih stabil, tetapi dalam kondisi temperatur tinggi menyebabkan tidak stabil. Karena vitamin yang larut dalam air kalau diambil secara berlebihan biasanya diekskresi, vitamin yang larut dalam air biasanya tidak toksik. Semua vitamin yang larut dalam air, kecuali kobalamin (vitamin B₁₂) dapat disintesis oleh tumbuh-tumbuhan dan oleh karena itu terdapat pada kacang-kacangan, biji-bijian, sayuran berdaun hijau dan ragi.

4.2.1. Vitamin B₁ (tiamin)

Penemu tiamin adalah Eijman (1897) dan Jansen dan Donath (1926) yang berhasil mengisolasi kristal yang kemudian diberi nama tiamin dari beras. Vitamin B₁ terdiri atas satu substitusi pirimidin yang terikat melalui ikatan metilen pada satu substitusi tiasol. Sifat umum vitamin B₁ adalah stabil dalam pH sedikit asam, rusak dalam pH alkalis, rusak dalam larutan mineral, larut dalam air dan alkohol 70 persen dan rusak oleh panas. Bentuk sintesis biasanya dalam bentuk garam misalnya tiamin hidroklorida atau tiamin mononitrat. Dalam bentuk garam akan lebih stabil dari pada bentuk vitamin bebas. Gambar 4.1. berikut memperlihatkan struktur vitamin B₁.



Gambar 4.1. Struktur kimia tiamin pirofosfat (tiamin difosfat)

Tiamin banyak terdapat dalam daging, bagian luar biji-bijian (oleh karena itu beras merah mempunyai nilai gizi tiamin lebih baik daripada beras putih), kacang-kacangan dan hasil ikutannya, bungkil kacang kedelai, bungkil kacang tanah, tepung alfalfa dan ragi. Pada ikan mentah terdapat kandungan tiaminase yang dapat memecah tiamin menjadi dua gugus pirimidin dan pikolin sehingga tiamin menjadi inaktif.

Dalam saluran pencernaan, tiamin segera mengalami proses enzimatik menjadi tiamin pirofosfat (TPP). Gugus pirofosfat ini berasal dari dua terminal fosfat ATP. Zat anti vitamin B₁ adalah piritiamin yang menghambat pembentukan TPP dan oksitiamin yang menyebabkan reaksi TPP tidak terjadi. Bentuk inaktif dari tiamin adalah tiokrom.

Tiamin berperanan luas sebagai koenzim TPP dalam reaksi dekarboksilasi. Pada dasarnya reaksi metabolisme yang memerlukan TPP dapat dibagi menjadi

tiga kelompok reaksi. Pertama adalah *monoxidative decarboxylase* yaitu reaksi yang terjadi pada mikroorganisme. Ke dua adalah *oxydative decarboxylase* yang dapat dibagi menjadi dua kelompok reaksi yaitu enzim TPP merupakan bagian integral dari reaksi enzim multikompleks yaitu *pyruvate dehydrogenase complex* dan *α-ketoglutarate dehydrogenase complex*. Ke tiga adalah reaksi transketolase yaitu reaksi transfer dari gugus ketol pada donor kepada akseptor. Reaksi ini terjadi pada *hexose monophosphate shunt*. Tergabung dengan ATP, tiamin membentuk kokarboksilase yang merupakan koenzim untuk dekarboksilasi asam piruvat serta asam-asam keton yang lain.

Sumber tiamin yang penting adalah kacang-kacangan dan hasil ikutannya, bungkil kedelai, bungkil kacang tanah dan tepung alfalfa. Secara lengkap sumber tiamin dapat dikemukakan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1.. Sumber tiamin

No	Sumber	Kadar (µg/mg)
1.	Tepung alfalfa	3,9
2.	Biji gandum	3,4
3.	Hati ayam	2,0
4.	Bungkil kelapa	0,8
5.	Jagung	3,0
6.	Bungkil biji kapuk	6,4
7.	Bungkil kacang tanah	12,0
8.	Beras	22,5
9.	Bungkil kedelai	4,0
10.	Bungkil biji bunga matahari	20,0

Unggas membutuhkan tiamin dengan kondisi yang bervariasi. Kebutuhan unggas akan tiamin dapat dilihat pada Tabel 4.2. Defisiensi tiamin akan menyebabkan reaksi-reaksi metabolisme terutama metabolisme piruvat terganggu yang menyebabkan gangguan pada sumber energi pada sel. Apabila sel tubuh unggas kekurangan energi akan menyebabkan gangguan syaraf dan pelebaran otot-otot jantung yang sensitif apabila kekurangan energi. Kurang berfungsinya otot jantung dapat menyebabkan penurunan siklus Krebs dan diikuti penurunan ATP untuk kontraksi jantung, kenaikan katekolamin (norepinefrin dan epinefrin) dan asetilkolin yang bersifat kardiotoxik.

Tabel 4.2. Kebutuhan tiamin pada unggas

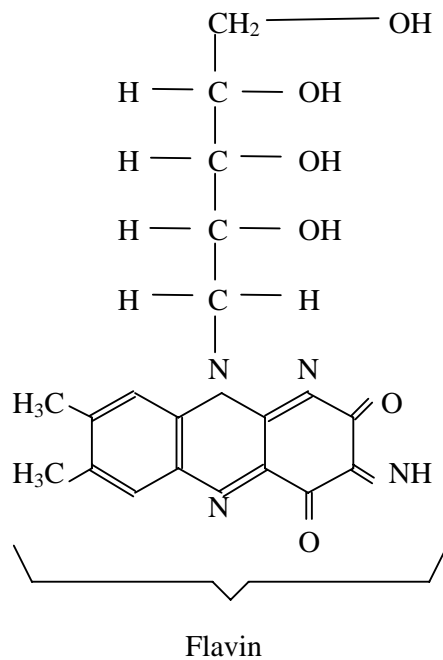
No	Unggas	Kebutuhan (mg/ekor/hari)
1.	Ayam broiler	
	- <i>Starter</i>	1,80
	- <i>Finisher</i>	1,80
2.	Ayam petelur	
	- <i>Starter</i>	1,80
	- <i>Grower</i>	1,30
	- <i>Layer</i>	0,80
3.	Puyuh	
	- <i>Grower</i>	2,00
	- <i>Breeder</i>	2,00

Akumulasi asam piruvat dan asam laktat di dalam darah dan jaringan oleh defisiensi tiamin menyebabkan iritabilitas, kehilangan nafsu makan, keletihan, degenerasi selaput mielin dari serabut syaraf, pelemahan otot jantung dan gangguan-gangguan gastrointestinal, polineuritis gallinarum, anoreksia, kehilangan bobot badan, kaki lemah dan *blue comb*. Defisiensi tiamin dapat menyebabkan timbulnya polineuritis pada unggas. Defisiensi kronis menyebabkan *star grazing* dan *atrophy*.

4.2.2. Vitamin B₂ (riboflavin)

Penemu vitamin B₂ adalah Emmet dari Detroit pada tahun 1927. Vitamin B₂ terdiri atas struktur heterosiklik yang terikat dengan ribitol. Riboflavin membentuk suatu gugus prostetik untuk enzim flavoprotein yang diperlukan untuk reaksi oksidasi dalam metabolisme seluler yang normal. Struktur cincin berkonjugasi, karena itu riboflavin merupakan pigmen yang berwarna dan berfluoresensi. Riboflavin relatif tahan terhadap panas tetapi sensitif terhadap penguraian yang irreversibel pada penyinaran dengan cahaya yang dapat dilihat. Gambar struktur kimia vitamin B₂ dapat dilihat pada Gambar 4.2.

Mikroorganisme usus dapat mensintesis riboflavin dalam jumlah cukup pada kebanyakan hewan. Seperti juga tiamin, maka riboflavin di dalam usus segera diubah ke dalam bentuk koenzimnya, dan setelah itu baru dapat berfungsi dalam proses metabolisme.



Gambar 4.2. Struktur kimia riboflavin

Ada dua koenzim dari riboflavin, yaitu *flavin mono nucleotide* (FMN) dan *flavin adenine dinucleotide* (FAD). FAD merupakan reaksi FMN dengan nukleotide AMP melalui ujung fosfatnya. Enzim flavin berisi baik FMN maupun FAD. Riboflavin harus mengalami fosforilase dahulu sebelum dapat diserap. Setelah diserap dalam bentuk FMN dan FAD terus didistribusikan ke dalam sel. Zat metabolit dari hasil metabolisme riboflavin adalah riboflavin, FMN, uroflavin, dan lumikrom. Zat-zat tersebut dikeluarkan dalam urin dan keringat. Jadi relatif riboflavin tidak disimpan dalam jaringan.

Fungsi utama riboflavin adalah untuk proses oksidasi-reduksi dalam jaringan. Beberapa contoh keterlibatan riboflavin antara lain pada oksidasi asam amino (L atau D asam amino-oksidasase). Reaksi ini disebut juga *O₂-linked*. Contoh lain adalah reaksi dehidrolipoate dehidrogenase. Enzim flavin ini ikut berperan dalam reaksi dehidrogenase di mana NAD dan NADP sebagai akseptor atom H, jadi bukan atom O₂. Contoh lainnya lagi adalah enzim flavin. Enzim ini berperan dalam transport elektron, sebagai akseptor elektron adalah sitokrom.

Sumber riboflavin yang penting adalah susu, sayur-sayuran, ragi, daging dan kacang-kacangan. Sumber riboflavin dan kandungannya dapat dilihat secara lengkap pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Sumber riboflavin

No	Sumber	Kadar ($\mu\text{g}/\text{mg}$)
1.	Putih telur	0,30
2.	Hati sapi	3,26
3.	Daging sapi	0,20
4.	Susu	0,17
5.	Biji bunga matahari	0,23
6.	Ragi	4,28
7.	Kacang-kacangan	0,31
8.	Daging ayam	0,20

Unggas membutuhkan riboflavin dengan kondisi yang bervariasi. Kebutuhan unggas akan riboflavin dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Kebutuhan riboflavin pada unggas

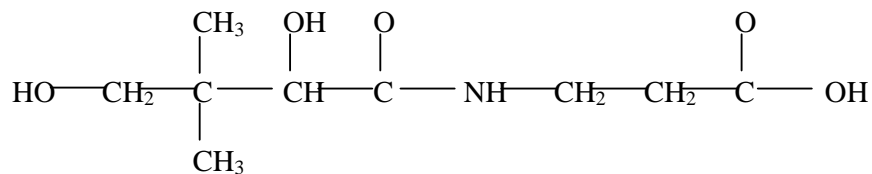
No	Unggas	Kebutuhan (mg/ekor/hari)
1.	Ayam broiler	
	- <i>Starter</i>	3,00
	- <i>Finisher</i>	3,00
2.	Ayam petelur	
	- <i>Starter</i>	3,00
	- <i>Grower</i>	1,80
	- <i>Layer</i>	2,20
3.	Itik	
	- <i>Starter</i>	4,00
	- <i>Grower</i>	4,00
	- <i>Breeder</i>	4,00
4.	Puyuh	
	- <i>Grower</i>	4,00
	- <i>Breeder</i>	4,00

Riboflavin sangat berperan dalam fungsi normal jaringan-jaringan yang berasal dari ektoderm seperti kulit, mata dan syaraf. Riboflavin juga mencegah senilitas. Tanda-tanda defisiensi riboflavin mencakup kerontokan rambut, *lesion* pada kulit, muntah, diare dan gangguan mata. Pada ayam dewasa, defisiensi menyebabkan *curled-toe paralysis* (paralisis dari jempol kaki yang membengkok

ke arah dalam), telur tidak menetas, produksi telur menurun, kematian embrio meningkat, *edema, slubbed down* (cacat pada down dan degenerasi pada *wolfian bodies*), hati kasar dan berlemak, pertumbuhan lambat dan atrofi pada otot kaki. Sumber-sumber riboflavin yang potensial adalah ragi, produk-produk susu, hati, ikan dan hijauan pada sayuran dan bakteri autotrof.

4.2.3. Vitamin B₅ (asam pantotenat)

Penemu asam pantotenat adalah R.J. William dari USA pada tahun 1933. Asam pantotenat adalah suatu amida dari asam pantoat dan β alanin. Asam pantotenat merupakan bagian dari koenzim A, yang berperan dalam transfer gugus asetil. Hal ini terjadi dalam asetilasi kolin hingga terbentuk asetilkolin, serta dalam asetilasi piruvat dekarboksilat untuk membentuk asetilkolin A dalam siklus Krebs. Koenzim A juga berperan dalam degradasi asam-asam lemak menjadi asetil KoA. Koenzim A adalah gabungan antara merkpto etil amin dengan *phosphopantothenic acid* dan adenosin-3'-5' difosfat (pada NADP, posisi adenosin difosfat pada 2'5'). Bagian ujung dari merkpto etil amin terdapat gugus SH atau sulfidril yang merupakan bagian yang penting atau bagian yang aktif dari koenzim A. Oleh karena itu cara menulis koenzim A adalah KoA-SH. Ciri dari asam pantotenat adalah sangat tidak stabil dan berwarna kuning pucat. Gambar struktur kimia asam pantotenat dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Struktur kimia asam pantotenat

Asam pantotenat mudah diabsorpsi usus dan kemudian mengalami fosforilasi oleh ATP untuk membentuk asam 4-fosfopantotenat. Fosforilasi akhir terjadi dengan ATP yang menambah fosfat pada gugus 3'-hidroksil bagian ribosa untuk membentuk koenzim A (KoA-SH). KoA-SH berfungsi sebagai pembawa gugus asil atau disebut *acyl carrier protein* atau ACP. Selain itu juga berfungsi

untuk sintesis asam lemak. Sumber asam pantotenat adalah biji-bijian, ragi, hati dan telur. Kebutuhan unggas akan asam pantotenat terlihat pada Tabel 4.5.

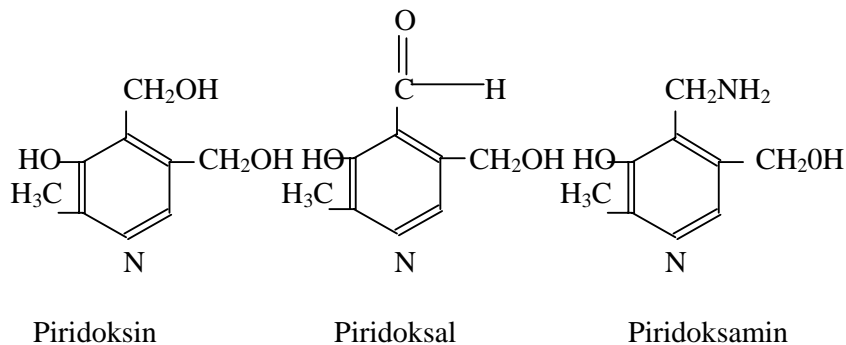
Tabel 4.5. Kebutuhan pantotenat pada unggas

No	Unggas	Kebutuhan (mg/ekor/hari)
1.	Ayam broiler	
	- <i>Starter</i>	10,00
	- <i>Finisher</i>	10,00
2.	Ayam petelur	
	- <i>Starter</i>	10,00
	- <i>Grower</i>	10,00
	- <i>Layer</i>	2,20
3.	Itik	
	- <i>Starter</i>	14,00
	- <i>Grower</i>	14,00
	- <i>Breeder</i>	10,00
4.	Puyuh	
	- <i>Grower</i>	10,00
	- <i>Breeder</i>	15,00

Kebutuhan asam pantotenat pada produksi telur adalah sangat rendah. Pada prakteknya, pada pakan ayam biasanya terdapat cukup kandungan asam pantotenat, tetapi banyak faktor yang mempengaruhi kebutuhan asam pantotenat ini, karenanya suplementasi kalsium pantotenat biasanya ditambahkan pada pakan ayam. Defisiensi asam pantotenat berkaitan dengan gejala dermatitis, hambatan pertumbuhan, kerontokan rambut, pemutihan rambut, serta *lesion* pada berbagai organ, degenerasi testis, ulcus duodenum, fetus abnormal yang kesemuanya disebabkan oleh oksidasi lemak dan karbohidrat yang tidak berjalan sempurna. Gejala awal defisiensi asam pantotenat pada ayam adalah bulu kasar dan borok pada proventrikulus dan usus. Gejala-gejala khas pada ayam adalah bengkak-bengkak pada kelopak mata dan sudut-sudut mulut, pertumbuhan bulu terhambat dan kasar, dan daya tetas telur berkurang. Terjadi pula nekrosis pada bursa fabrisius dan timus.

4.2.4. Vitamin B₆ (piridoksin)

Penemu piridoksin adalah Szent-Gyorgy pada tahun 1934. Vitamin B₆ terdiri atas tiga derivat piridin alam yang berhubungan erat, yaitu : piridoksin, piridoksal dan piridoksamin. Perbedaan dari ke tiga zat tersebut adalah pada rantai C nomor 4. Rantai basis dari zat-zat tersebut adalah piridin. Ke tiganya sama aktif sebagai pra zat koenzim piridoksal fosfat. Piridoksin berperan penting dalam metabolisme protein di mana piridoksal fosfat merupakan suatu koenzim untuk berbagai reaksi kimia yang berkaitan dengan metabolisme protein dan asam amino, seperti transaminasi dan dekarboksilasi. Bentuk piridoksal dan piridoksamin biasanya terdapat dalam produk-produk hewani, sedangkan piridoksin terdapat dalam produk-produk tanaman. Piridoksin lebih tahan terhadap pemanasan daripada bentuk lainnya dan mudah rusak dalam larutan dan sinar. Gambar struktur kimia vitamin B₆ dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Struktur kimia piridoksin, piridoksal dan piridoksamin

Piridoksin disintesis oleh mikroorganisme usus. Piridoksin dan analognya mudah diserap di usus. Piridoksin setelah diserap di usus segera diubah menjadi piridoksal dan piridoksamin dalam tubuh dan dalam bentuk koenzim setelah berikatan dengan PO₄, yaitu piridoksal fosfat dan piridoksamin fosfat. Dalam sitoplasma, ke tiganya menjadi substrat untuk enzim piridoksal kinase, yang menggunakan ATP untuk melakukan fosforilasi pada ke tiga derivat masing-masing menjadi ester fosfat. Hanya piridoksal fosfat dan piridoksamin fosfat yang aktif sebagai koenzim dalam reaksi transaminasi dan dekarboksilasi. Selain

itu juga terlibat pada reaksi dehidrasi, desulfurisasi, raseminasi, pemotongan, kondensasi, aldolase dan reaksi-reaksi lain (dikenal 50 macam reaksi yang memerlukan B_6PO_4). Sumber vitamin B_6 adalah daging, hati dan tanaman berdaun hijau. Kebutuhan unggas akan piridoksin dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Kebutuhan piridoksin pada unggas

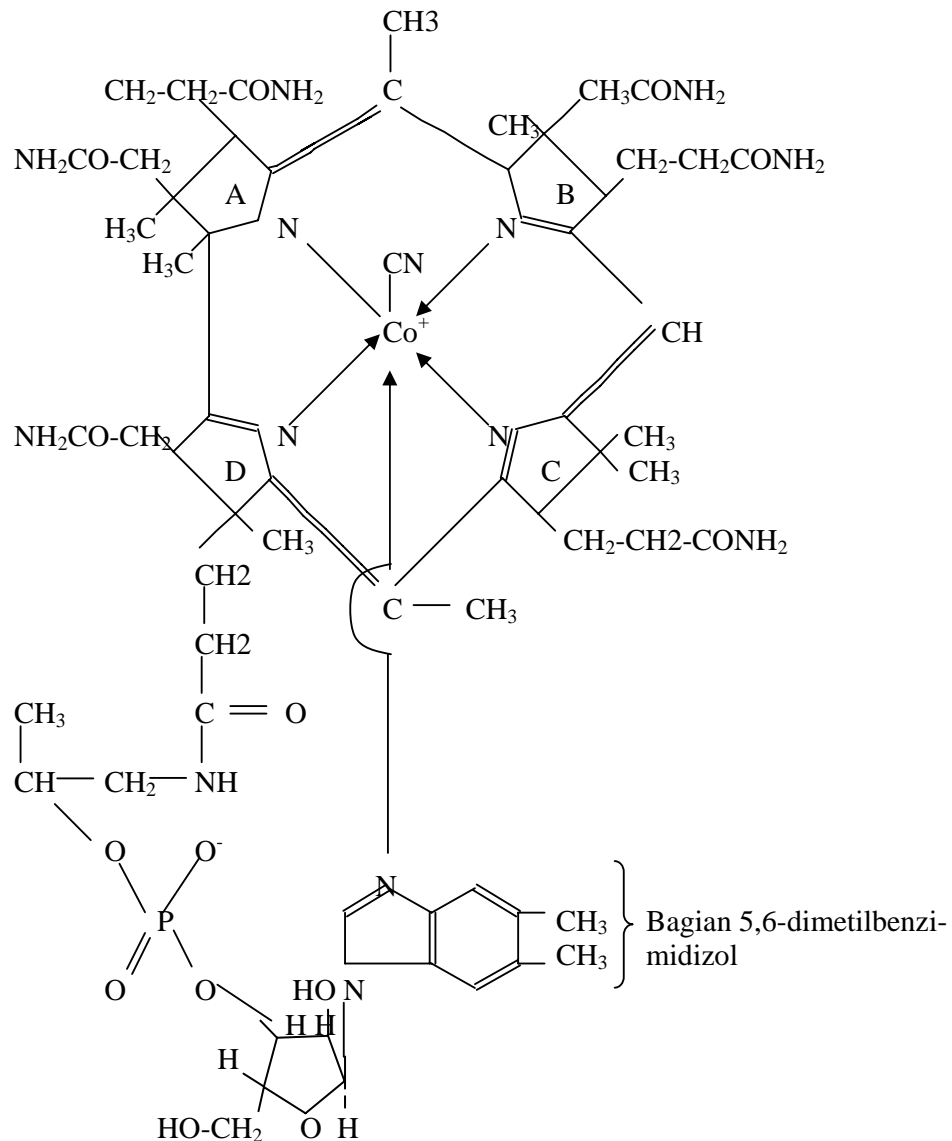
No	Unggas	Kebutuhan (mg/ekor/hari)
1.	Ayam broiler	
	- <i>Starter</i>	3,00
	- <i>Finisher</i>	3,00
2.	Ayam petelur	
	- <i>Starter</i>	3,00
	- <i>Grower</i>	3,00
	- <i>Layer</i>	3,00
3.	Itik	
	- <i>Starter</i>	2,60
	- <i>Grower</i>	2,60
	- <i>Breeder</i>	3,00
4.	Puyuh	
	- <i>Grower</i>	3,00
	- <i>Breeder</i>	3,00

Peranan koenzim adalah untuk metabolisme asam amino, oleh sebab itu kekurangan piridoksin akan menyebabkan gangguan metabolisme protein. Vitamin B_6 berguna untuk pencegahan dermatitis, dan gejala-gejala kerusakan syaraf pusat. Pembentukan asam nikotinat dari triptofan bergantung pada piridoksal fosfat sebagai koenzim. Karena itu penyakit pellagra seringkali disertai defisiensi piridoksin. Defisiensi piridoksin jarang terjadi. Defisiensi piridoksin dapat menyebabkan hambatan pertumbuhan, dermatitis, kepekaan abnormal, kepala tertarik ke belakang, produksi telur dan daya tetas menurun serta anemia.

4.2.5. Vitamin B_{12} (kobalamin)

Vitamin B_{12} terdiri atas cincin korin yang serupa dengan porfirin yang mempunyai ion kobalt pada bagian tengahnya. Kobalamin adalah vitamin yang mengandung kobalt yang berada dalam bentuk derivat sianida yaitu sianokobalamin. Kobalamin mempunyai gugus nukleotida yang disambung dengan porfirin lewat gugus fosfat dan amino-propanol. Gugus sianida dapat

diganti dengan gugus hidroksil (B_{12a}) atau hidrokobalamin dan juga gugus nitrit (B_{12c}) atau nitrokobalamin. Sianokobalamin berbentuk kristal padat berwarna merah hitam dan merupakan bentuk yang paling stabil, tetapi larut dalam air, tahan panas, mudah rusak karena sinar matahari, oksidasi dan proses reduksi. Struktur kimia sianokobalamin dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5. Struktur kimia sianokobalamin

Absorpsi vitamin B₁₂ oleh usus diperantarai oleh tempat-tempat reseptor dalam ileum yang memerlukan kobalamin agar terikat dengan glikoprotein faktor intrinsik yang sangat spesifik, yang disekresi oleh sel parietal mukosa lambung. Pada saat kompleks kobalamin-faktor intrinsik melalui mukosa ileum, faktor intrinsik dilepaskan dan vitamin dipindahkan ke protein transport plasma yang berbentuk transkobalamin II. Protein pengikat kobalamin lain seperti transkobalamin I, terdapat dalam plasma dan hati dan yang terakhir merupakan bentuk cadangan kobalamin yang efektif. Kobalamin disekresikan dalam empedu dan ikut serta dalam sirkulasi enterohepatik. Setelah diabsorpsi, sianokobalamin mengalami modifikasi dan terbentuk koenzim. Modifikasi ini terjadi dengan bergesernya gugus sianida dan diganti dengan 5 deoksiadenosil dan hasilnya disebut adenosil kobalamin. Selain itu juga dapat diganti oleh gugus metil dan hasilnya disebut metilkobalamin.

Vitamin B₁₂ berfungsi dalam sintesis protein dan dalam metabolisme asam nukleat serta senyawa-senyawa yang mengandung satu atom C. Peranan tersebut dalam bentuk metil-malonil KoA isomerase. Enzim ini berperan dalam mengubah metil-malonil KoA menjadi suksinil KoA yang berfungsi dalam siklus Krebs. Peranan lainnya adalah sebagai enzim dalam metilasi L-homosistein. Enzim ini berisi koenzim metil kobalamin yang bersama-sama folasin mengubah L-homosistein menjadi L-metionin. Donasi metil ini diberikan oleh 5-metil THF dengan kehadiran vitamin B₁₂.

Vitamin B₁₂ banyak terdapat pada produk-produk hewan dan dalam rumen ruminansia serta jaringan organ. Vitamin B₁₂ dibutuhkan relatif sedikit oleh unggas. Kebutuhan unggas akan kobalamin dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Protein dalam pakan akan meningkatkan kebutuhan vitamin B₁₂. Kebutuhan vitamin B₁₂ juga bergantung pada level kolin, metionin dan asam folat dalam pakan dan akan saling berhubungan dengan asam askorbat dalam metabolisme tubuh. Substitusi isokalori lemak dengan glukosa juga menekan vitamin B₁₂ yang ditambahkan. Ini mengindikasikan bahwa vitamin B₁₂ penting pada metabolisme energi.

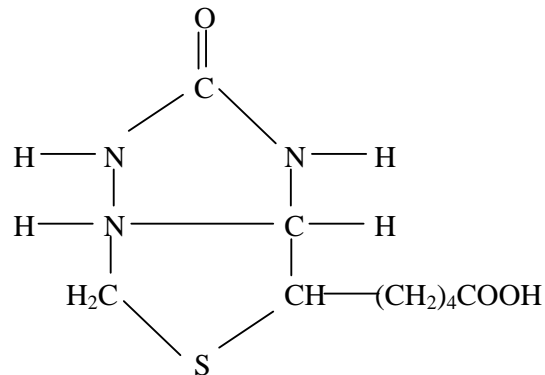
Tabel 4.7. Kebutuhan kobalamin pada unggas

No	Unggas	Kebutuhan (mg/ekor/hari)
1.	Ayam broiler	
	- <i>Starter</i>	0,009
	- <i>Finisher</i>	0,009
2.	Ayam petelur	
	- <i>Starter</i>	0,009
	- <i>Grower</i>	0,003
	- <i>Layer</i>	0,004
3.	Puyuh	
	- <i>Grower</i>	0,003
	- <i>Breeder</i>	0,003

Vitamin B₁₂ berperan penting dalam pembentukan darah merah. Defisiensi kobalamin menyebabkan anemia karena sel-sel darah merah yang tidak dapat masak. Defisiensi vitamin ini juga dapat menyebabkan demielinasi serta degenerasi sumsum tulang belakang secara tidak dapat balik, inkoordinasi anggota badan (posterior), pertumbuhan lambat, mortalitas meningkat, vitabilitas menurun dan daya tetas telur menurun.

4.2.6. Biotin

Penemu biotin adalah Wildiers (1901). Biotin adalah derivat imidazol yang banyak terdapat dalam bahan makanan alam. Biotin identik dengan apa yang diperkenalkan sebagai *protective factor X* atau vitamin H. Vitamin H ini diisolasi dari hati. Vitamin H ini juga disebut *anti egg white injury factor*. Biotin juga identik dengan koenzim R, yang merupakan faktor pertumbuhan dan untuk respirasi pada beberapa bakteri. Biotin berperan dalam sintesis oksaloasetat, dalam pembentukan urea, asam-asam lemak dan purin. Dalam kenyataannya biotin berperan sebagai gugus prostetik koenzim yang bergabung dengan CO₂ dengan senyawa organik. Vitamin ini berwarna putih, stabil terhadap panas, mengandung sulfur dan asam valerat, larut dalam air dan 95% etanol, mudah rusak oleh asam dan basa kuat dan mengalami dekomposisi pada temperatur 230 - 232°C. Struktur kimia biotin dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Struktur kimia biotin

Biotin diabsorpsi di ileum. Bakteri usus mensintesis biotin, dan kuning telur merupakan sumber biotin yang bagus. Putih telur mentah mengandung faktor antibiotin (suatu protein yang disebut avidin) yang menyebabkan tidak aktifnya vitamin itu karena mengikat biotin dengan kuat. Sehingga mencegah absorpsi dari usus dan menyebabkan defisiensi biotin.

Dalam metabolisme, biotin berperan sebagai fiksasi CO₂ yang selanjutnya ditransfer ke substrat yang lain. Karboksibiotin adalah biotin yang berikatan dengan CO₂ di mana gugus karboksil bertaut pada gugus N biotin. Pembentukan karboksibiotin memerlukan ATP. Reaksi penerimaan CO₂ dan pemberian CO₂ bersifat bolak-balik atau reversibel. Sumber biotin adalah hati, ragi, kacang tanah, telur, tanaman berdaun hijau, jagung, gandum, biji-bijian lainnya dan ikan. Kebutuhan unggas akan biotin dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Kebutuhan biotin pada unggas

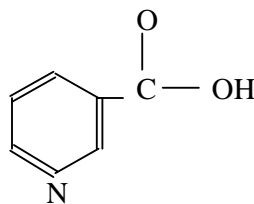
No	Unggas	Kebutuhan (mg/ekor/hari)
1.	Ayam broiler	
	- Starter	0,15
	- Finisher	0,15
2.	Ayam petelur	
	- Starter	0,15
	- Grower	0,10
	- Layer	0,10
3.	Puyuh	
	- Grower	0,30
	- Breeder	0,15

Broiler yang sangat cepat pertumbuhannya, bila dalam keadaan stress akan sangat menaikkan kebutuhan biotin. Keseimbangan antara reaksi piruvat karboksilase (mencegah hipoglisemia) dan asetil KoA karboksilase untuk lipogenesis (sumber energi) yang sangat diperlukan oleh reaksi piruvat ke arah asetil KoA semakin bertambah bila biotin berkurang.

Defisiensi biotin dapat menyebabkan kerontokan rambut, penurunan berat badan dan pada ayam peningkatan kematian serta kejadian perubahan-perubahan skeletal pada anak-anak ayam. Defisiensi ini juga menyebabkan dermatitis pada kaki lalu paruh dan mata. Yang paling sering terkena adalah ayam broiler yaitu kejadian sindrom hati berlemak (FLKS *atau Fatty Liver and Kidney Syndrome*). Kejadian ini disebabkan oleh penurunan aktivitas piruvat dekarboksilase yang berperan dalam glukoneogenesis (jadi pembentukan glukosa dari piruvat terhambat).

4.2.7. Niasin (asam nikotinat)

Penemu niasin adalah Huber pada tahun 1867. Niasin adalah suatu derivat piridin yang merupakan komponen tidak toksik dari nikotin. Niasin merupakan bagian dari NAD (*nicotinamide adenine dinucleotide*), yang juga dikenal dengan nama koenzim I. Niasin juga merupakan bagian dari molekul NADP, yang juga dikenal dengan nama koenzim II. Koenzim berperan dalam respirasi seluler, bersama-sama dengan flavoprotein. Niasin juga berperan dalam metabolisme serta absorpsi karbohidrat. Triptofan digunakan untuk sintesis niasin baik oleh mamalia maupun mikroorganisme. Niasin bersifat larut dalam air, stabil pada proses pemanasan maupun oksidasi dan dalam suasana asam maupun basa. Gambar 4.7. menunjukkan struktur kimia niasin.



Gambar 4.7. Struktur kimia niasin

Asam nikotinat diabsorpsi dalam usus sebagai nikotinat tetapi tidak diekskresi dalam bentuk tidak berubah dalam urin. Bagian terbesar niasin diekskresi sebagai derivat N-metil yaitu N-metilnikotinamida. Niasin dalam tubuh merupakan bagian dari koenzim yang berfungsi dalam oksidasi jaringan atau transportasi hidrogen. Koenzim tersebut adalah NAD (*Nicotinamide Adenine Dinucleotide*) dan NADP (*Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphat*). NAD adalah koenzim yang pertama kali ditemukan pada tahun 1935 oleh karena itu disebut koenzim I atau koenzimase. Istilah lain adalah DPN (*diphospho pyridine nucleotide*) yang terdiri atas nikotinamid (piridin), dua gugus ribosa dan dua gugus fosfat dan adenin (purin). Nama lain dari NADP adalah TPN (*Triphospho Pyrimidine Nucleotide*) dan disebut pula koenzim II. Bagian yang aktif bereaksi adalah nikotinamida, sedangkan bagian yang lain berikatan dengan apoenzim. Koenzim ini berperan dalam proses oksidasi reduksi. Dalam reaksi ini terjadi transfer proton (hidrogen) dan penerimaan elektron pada posisi C₄ pada nikotinamida.

Sumber niasin yang potensial adalah hati, jantung, ginjal, dari hewan mamalia dan produk tumbuhan berupa dedak padi ataupun gandum, biji bunga matahari dan kacang tanah, suplemen protein, mollasses, dan bungkil-bungkilan. Dengan kata lain sumber utama niasin adalah makanan yang mengandung triptofan. Perlu menjadi catatan, jagung sebagai bahan pakan utama unggas dapat menyebabkan sindrom defisiensi niasin yang disebut dengan pellagra. Kebutuhan unggas akan niasin dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Dua fenomena yang menyebabkan variasi luas dalam memenuhi kebutuhan niasin yang dalam kondisi ketidakpastian. Pertama adalah asam nikotinat disintesis dalam tubuh hewan dari triptofan, jadi kebutuhan niasin bergantung pada kandungan triptofan dalam ransum. Ke dua adalah banyak asam nikotinat dalam banyak makanan terdapat dalam bentuk tidak tersedia (*not available*). Kebutuhan niasin juga bergantung pada adanya anti asam nikotinat (seperti pada jagung). Fenomena lain pada kebutuhan niasin adalah variasi pakan yang menyebabkan variasi dalam sintesis asam nikotinat oleh mikroflora gastrointestinal.

Tabel 4.9. Kebutuhan niasin pada unggas

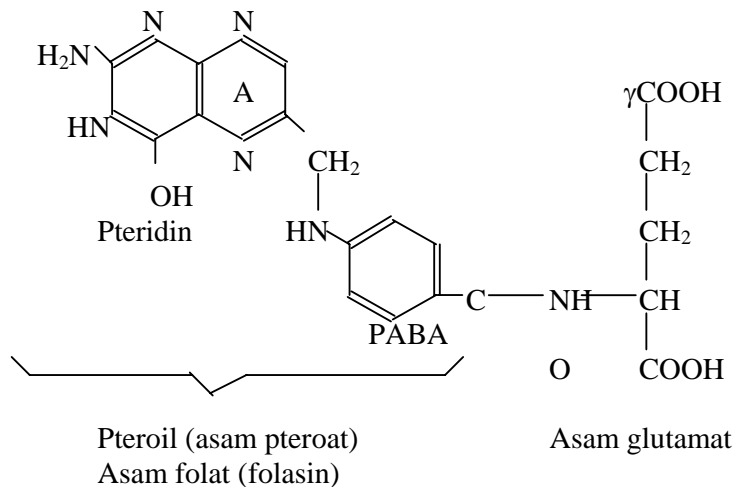
No	Unggas	Kebutuhan (mg/ekor/hari)
1.	Ayam broiler	
	- <i>Starter</i>	27,00
	- <i>Finisher</i>	27,00
2.	Ayam petelur	
	- <i>Starter</i>	27,00
	- <i>Grower</i>	11,00
	- <i>Layer</i>	10,00
3.	Itik	
	- <i>Starter</i>	55,00
	- <i>Grower</i>	55,00
	- <i>Breeder</i>	40,00
4.	Puyuh	
	- <i>Grower</i>	40,00
	- <i>Breeder</i>	20,00

Defisiensi niasin pada pakan utama berupa jagung terjadi karena kandungan asam amino triptofan yang rendah, asam nikotinat dalam bentuk tidak tersedia (misal dalam bentuk niasitin) dan kandungan asam amino yang kurang seimbang, di mana lebih banyak kandungan asam amino lain dibandingkan dengan kandungan triptofan atau kandungan asam amino leusin berlebihan. Problem defisiensi niasin pada awalnya ditandai oleh problem gastrointestinal dan kelemahan otot, *black tongue* (lidah menjadi hitam), pembengkakan lidah, diare, demensia dan dermatitis. Apabila terjadi defisiensi triptofan berarti juga terjadi defisiensi niasin (defisiensi ganda). Asam nikotinat dalam dosis tinggi dapat menimbulkan pellagra yang ditandai oleh kulit kemerahan (*skin flushing*), gatal-gatal (*pruritus*) dan gangguan pencernaan dan juga telah menunjukkan kegunaan untuk menurunkan kadar kolesterol serum oleh mekanisme yang tidak dimengerti. Gejala ini disebut pula dengan 3D-4D yaitu dermatitis, diare, depresi atau demensia, dan kadang-kadang kematian.

4.2.8. Asam folat (asam "pteroylglutamic")

Penemu asam folat adalah Parke-Davis pada tahun 1943. Asam folat terdiri atas pteridin heterosiklik, asam para amino benzoat (PABA) dan asam

glutamat. Kristal asam folat berwarna kuning, sedikit larut dalam air dan tidak stabil pada larutan lemak. Daya kerja vitamin ini dihambat (antagonis) oleh *4-amino-pteroylglutamic acid* atau disebut aminopteri $4\text{-NH}_2\text{FH}_4$ dan *metotrexate*. Asam folat termasuk dalam golongan zat yang disebut pterin. Asam folat terdiri atas tiga gugus yaitu pterin, *p-amino benzoic acid* (PABA) dan asam glutamat. Gambar 4.8. menunjukkan struktur kimia asam folat.



Gambar 4.8. Struktur kimia asam folat

Asam folat nampaknya disintesis oleh mikroorganisme dalam usus. Asam folat berperan dalam metabolisme nukleoprotein melalui sintesis purin dan timin. Pada pertumbuhan, asam folat terdapat sebagai poliglutamat berkonjugasi dengan ikatan gamma (yang tidak biasa) rantai polipeptida 7 asam glutamat. Dalam hati, folat yang terutama adalah konjugat pentaglutamil. Rantai peptida glutamil dengan hubungan gamma yang tidak biasa ini bersifat resisten terhadap hidrolisis oleh enzim proteolitik biasa yang terdapat dalam usus, yang spesifik folil poliglutamat-hidrolase.

Sumber asam folat mudah tersedia dan terdistribusi di alam, pada hewan, tumbuhan dan mikroorganismenya. Sumber-sumber asam folat yang potensial adalah daging, sayuran, terutama daun-daun hijau. Kebutuhan unggas atas asam folat dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10. Kebutuhan asam folat pada unggas

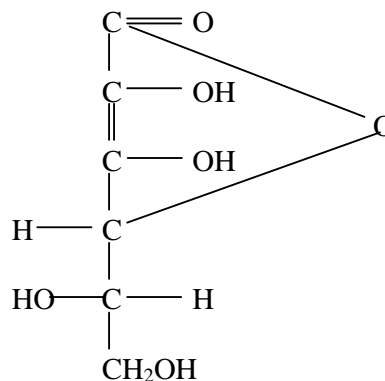
No	Unggas	Kebutuhan (mg/ekor/hari)
1.	Ayam broiler	
	- <i>Starter</i>	0,55
	- <i>Finisher</i>	0,55
2.	Ayam petelur	
	- <i>Starter</i>	0,55
	- <i>Grower</i>	0,25
	- <i>Layer</i>	0,25
3.	Puyuh	
	- <i>Grower</i>	1,00
	- <i>Breeder</i>	1,00

Defisiensi asam folat berkaitan dengan problem dalam pembentukan darah, seperti halnya dalam reproduksi seluler, hambatan pertumbuhan, pigmen bulu terganggu, pertumbuhan bulu terhambat, produksi telur dan daya tetas menurun, gangguan embrio dalam telur serta anemia merupakan pengaruh utama dari defisiensi asam folat.

4.2.9. Vitamin C (Asam askorbat)

Vitamin C mempunyai dua bentuk, yaitu bentuk oksidasi (bentuk dehidro) dan bentuk reduksi. Ke dua bentuk ini mempunyai aktivitas biologi. Dalam makanan bentuk reduksi yang terbanyak. Bentuk dehidro dapat terus teroksidasi menjadi asam diketoglukanik yang inaktif. Keadaan vitamin C inaktif ini sering terjadi pada proses pemanasan. Dalam suasana asam vitamin ini lebih stabil daripada dalam basa yang menjadi inaktif. Formula vitamin C mirip dengan glukosa. Unggas dapat mensintesis vitamin C dari glukosa. Prekursor vitamin C dari glukosa adalah manosa, glukosa, fruktosa, sukrosa dan gliserol. Vitamin C merupakan bentuk *enolic* dari *3 keto-1-gulanofuranic lactone*. Pada invitro mengalami oksidasi dengan katalisator beberapa kation seperti Mg, *ascorbic oksidase*, *methylene blue*, ferron, *selenium dioxide*, teramisin, streptomisin, yodium dan lain-lainnya. Proses oksidasi ini dihambat oleh senyawa pembentuk khelat (*chelating compound*) seperti EDTA.

Vitamin C bukanlah merupakan bagian dari salah satu koenzim yang dikenal. Sebaliknya asam askorbat berperan dalam sintesis kolagen, yang merupakan protein struktural dari jaringan ikat. Struktur asam askorbat mirip dengan struktur monosakarida tetapi mengandung gugus enediol dari mana pembuangan hidrogen terjadi untuk menghasilkan dehidroaskorbat. Dehidroaskorbat dihasilkan secara spontan dari vitamin C oleh oksidasi udara, tetapi ke dua bentuk secara fisiologis aktif dan ditemukan dalam cairan tubuh. Struktur kimia vitamin C dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9. Struktur kimia asam askorbat

Vitamin C mudah diabsorpsi dalam usus, karena itu defisiensi nutrisi ini diakibatkan oleh masukan makanan yang tidak cukup. Cadangan normal vitamin C dalam tubuh tidak dapat cepat habis. Absorpsi besi oleh usus secara nyata dipertinggi bila terdapat bersama askorbat, dan mobilisasi besi dari jaringan penyimpan juga ditingkatkan oleh vitamin C. Vitamin ini berperan dalam beberapa reaksi reduksi oksidasi. Hidroksilasi prolin dalam kolagen memerlukan asam askorbat. Asam askorbat dapat diubah dalam tubuh menjadi oksalat yang dikeluarkan lewat urin. Tetapi hasil utama ekskresi asam askorbat adalah asam-asam askorbat sendiri dan dehidroaskorbat. Asam askorbat mengasamkan urin.

Vitamin C berperan sebagai transport elektron (sistem redoks), enzim-enzim yang berperan dalam elektron transport adalah asam askorbat oksidase, sitokrom oksidase, flavin transhidrogenase. Ada yang menyebutkan bahwa pada

jaringan hewan tidak terjadi proses oksidasi dengan vitamin C sebagai katalis respiratori, karena pada hewan tidak ada enzim dehidro askorbate reduktase dan askorbate oksidase. Vitamin C juga berperan dalam metabolisme tirosin yaitu berperan dalam enzim *β-hydroxy phenyl pyruvic acid oxidase* sebagai katalisator perubahan p-OH *phenylpyruvic* menjadi *homogentisic acid*. Fungsi vitamin C lainnya adalah dalam formasi kolagen, yaitu dalam pembentukan hidroksi prolin dan hidroksi lisin yang menyusun kolagen, mengaktifkan enzim arginase dan papain, menghambat urease dan amilase, membantu pembentukan jaringan ferritin, bersama-sama asam folat berperan dalam proses pematangan RBC, meningkatkan peranan vitamin B kompleks sehingga mempengaruhi jumlah mikroflora dalam usus halus, bersama-sama dengan ATP dan MgCl₂ merupakan kofaktor dalam menghambat lipase jaringan adiposa dan memacu deaminasi hidrolitis dari peptida atau protein dan menyembuhkan atau mencegah kejadian *common cold* atau influenza.

Sumber-sumber asam askorbat yang potensial adalah daging, sayuran, terutama daun-daun hijau. Beberapa tanaman serta hewan termasuk unggas dapat mensintesis vitamin C. Semua spesies ayam dapat mensintesis vitamin C (AsAc) di dalam ginjal.

Berdasarkan pengaruh vitamin C terhadap integritas sel, maka vitamin C dapat diberikan melalui air minum kepada broiler yang akan dipotong. Karkas yang dihasilkan tidak mudah mengalami penyusutan sehingga kualitas karkas terjaga. Selain itu vitamin C juga dapat mencegah katabolisme protein yang dilakukan oleh steroid. Oleh karena itu akibat penurunan katabolisme protein timbangan karkas (*carcass yield*) juga menjadi lebih baik pada ayam yang diberi vitamin C sebelum dipotong. Dosis yang dianjurkan adalah 900 - 1200 ppm dalam air minum pada waktu 24 jam sebelum dipotong.

Defisiensi vitamin C dapat menyebabkan *scurvy*. Gejala ini berkaitan dengan kebutuhan vitamin C untuk sintesis kolagen. Oleh karena itu, patologinya akan berkaitan dengan pelemahan pembuluh darah dan hamparan kapiler (yang cenderung menimbulkan perdarahan), ulserasi dan kelambatan penyembuhan luka. Pertumbuhan tulang terhambat dan kelambatan kesembuhan keretakan

tulang. Vitamin C hanya dibutuhkan oleh manusia, monyet dan marmut dan tidak berperan penting bagi unggas.

4. 3. Vitamin yang Larut dalam Lemak

Vitamin-vitamin yang larut dalam lemak, yaitu A, D, E dan K, tampaknya dibutuhkan oleh semua jenis ternak. Seperti dinyatakan dari namanya, vitamin yang larut dalam lemak adalah molekul-molekul apolar hidrofobik, yang kesemuanya merupakan derivat isopren. Sifat-sifat umum vitamin yang larut dalam lemak adalah hanya terdapat di sebagian jaringan, terdiri atas unsur C, H dan O, mempunyai bentuk prekursor (provitamin), ikut menyusun struktur jaringan tubuh, diserap bersama lemak, disimpan bersama lemak dalam tubuh, diekskresi melalui feses dan kalau bercampur dengan vitamin B menjadi kurang stabil serta dipengaruhi oleh cahaya dan oksidasi. Kecuali vitamin E yang mempunyai sifat spektrum luas, oksidan lemak, maka vitamin-vitamin A, D dan K mempunyai sifat aktivitas individual. Kelompok vitamin ini mudah ditimbun kecuali vitamin E.

Semua vitamin yang larut dalam lemak diperlakukan oleh sistem gastrointestinal dengan cara yang sama seperti lemak makanan. Umumnya, vitamin yang larut dalam lemak memerlukan absorpsi lemak normal untuk ikut diserap. Sekali diserap, vitamin yang larut dalam lemak ditransport ke hati dalam khilomikron dan disimpan dalam hati (vitamin A, D dan K) ataupun dalam jaringan adiposa (vitamin E) dalam berbagai jangka waktu. Vitamin-vitamin ini diangkut dalam darah oleh lipoprotein atau protein pengikat spesifik, karena tidak langsung larut dalam air plasma, seperti halnya vitamin yang larut dalam air. Karena itu vitamin yang larut dalam lemak tidak diekskresikan dalam urin tetapi lebih mungkin ditemukan dalam empedu dan dengan demikian diekskresikan dalam feses. Karena mudah disimpan, terutama vitamin A dan D, maka ke dua vitamin ini relatif mudah mengalami toksisitas.

4.3.1. Vitamin A (antixeroptalmia)

Penemu vitamin A adalah Strepp pada tahun 1909. Vitamin A adalah nama generik yang menunjukkan semua senyawa selain karotenoid yang memperlihatkan aktivitas biologik retinol. Vitamin A adalah suatu alkohol biokimia, suatu retinol, dan terdapat sebagai vitamin A₁, di dalam hewan vertebrata tingkat tinggi dan ikan air asin (laut), sedangkan vitamin A₂ terutama terdapat pada ikan-ikan air tawar. Pada produk hewan, vitamin A dalam makanan terdapat sebagai asam lemak berantai panjang atau ester retinol. Beberapa pigmen tanaman (karoten alfa, beta dan gama serta kriptoxantin) merupakan prekursor bagi vitamin A. Prekursor tersebut berwarna kuning, tetapi vitamin A karotenoid tidak berwarna, sehingga tidak ada korelasi yang dapat dibuat antara warna kuning pada air susu maupun krim dengan kandungan vitamin A yang sesungguhnya di dalam usus dan hati, dan vitamin A yang dihasilkan itu disimpan baik di dalam hati maupun dalam retina. Tabel 4.11. berikut merupakan sumber-sumber alam dari retinol dan provitamin A.

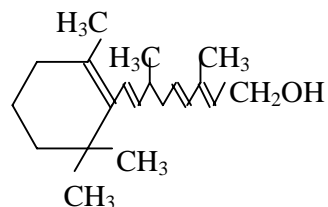
Tabel 4.11. Sumber alam retinol dan provitamin A

No.	Sumber	Kadar (IU/g)
1.	Minyak hati ikan paus	400.000,00
2.	Minyak hati ikan tuna	150.000,00
3.	Minyak hati ikan hiu	150.000,00
4.	Minyak tubuh ikan sarden	750,00
5.	Mentega susu	35,00
6.	Keju	14,00
7.	Telur	10,00
8.	Susu	1,50
9.	Tepung daun alfalfa	530
10.	Tepung daun dan batang alfalfa	330
11.	Tepung daun dan batang alfalfa kering udara	150
12.	Hijauan kering	150
13.	Wortel	120
14.	Bayam	100
15.	Jagung kuning	8

Setiap ternak perlu vitamin A. Sumber dari nabati tidak mempunyai vitamin A tetapi mempunyai provitamin A (karoten). Karoten dapat menjadi aktif

dalam tubuh menjadi vitamin A. Vitamin ini dikenal sebagai retinol. Vitamin A terdapat dalam bentuk vitamin A asetat (retinil asetat), vitamin A alkohol (retinol), vitamin A aldehid (retinal) dan vitamin A asam (asam retionil). Retinol yang diserap mengalami reesterifikasi dengan asam lemak jenuh berantai panjang, diinkorporasi ke dalam khilomikron pembuluh limfa dan kemudian memasuki aliran darah.

Struktur kimia vitamin adalah $C_{20}H_{29}OH$. Sifat vitamin A adalah tidak tahan oksidasi, tidak tahan radiasi apalagi dalam suhu tinggi, dalam bentuk kristal berwarna kuning pucat. Apabila vitamin A masuk ke dalam tubuh maka akan masuk jalur metabolisme dan akan berperan dalam retina mata. Dalam retina tersebut terdapat rhodopsin yang terdiri atas vitamin A dan opsin (protein). Ada empat macam opsin dalam retinal (ada dua tipe sel), yaitu satu buah batang atau rod-rodopsin yang sensitif terhadap sinar dengan intensitas rendah (*scitopic vision*) maksimum 498 nm (paling penting untuk hewan malam) dan tiga buah terdapat pada kerucut atau cones yang sensitif terhadap tiga warna yaitu biru, hijau dan merah (*trichromatic*) yang merupakan warna cerah (*photopic vision*). Sel kerucut unggas lebih dominan. Bila retina terkena sinar, rhodopsin terurai menjadi trans retinal opsin. Oleh enzim isomerase, trans retinal dapat diubah menjadi cis retinal. Dalam keadaan gelap, cis retinal dan opsin dibentuk lagi menjadi rhodopsin. Struktur kimia vitamin A dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10. Struktur kimia retinol

Vitamin A dalam usus akan mengalami hidrolisis retinil ester menjadi retinol yang kemudian diserap dan terus menjalani reesterifikasi dalam sel usus. Setelah itu bentuk ester vitamin A ini diserap melalui saluran limfa atau ada yang langsung diserap dan terus masuk ke dalam peredaran darah sebagai ester

palmitat. Dalam darah, vitamin A ditransportasi dalam bentuk RBP (Retinal Binding Protein) yang mempunyai berat molekul kurang lebih 20.000 dan mempunyai motilitas α 1 dalam elektroporesis. RBP ini beredar dalam darah sebagai prealbumin yang mirip dengan *thyroxine binding prealbumin* atau prealbumin pengikat tirosin.

Vitamin A bersifat esensial dalam pembentukan pigmen retinal yang dibutuhkan bagi penglihatan. Di samping itu vitamin A juga penting untuk pertumbuhan normal, terutama jaringan epitel dan tulang. Fungsi lain dari vitamin A adalah memelihara organ pernafasan, pencernaan, urogenitalia, ginjal dan mata, mencegah ataksia hebat pada ayam muda, pertumbuhan, memelihara membran mukus yang normal, reproduksi, pertumbuhan matriks tulang yang baik dan tekanan serebrospinal yang normal. Kebutuhan vitamin A pada unggas bervariasi. Kebutuhan unggas atas vitamin A dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12. Kebutuhan vitamin A pada unggas

No	Unggas	Kebutuhan (IU/ekor/hari)
1.	Ayam broiler	
	- <i>Starter</i>	1500
	- <i>Finisher</i>	1500
2.	Ayam petelur	
	- <i>Starter</i>	1500
	- <i>Grower</i>	1500
	- <i>Layer</i>	4000
3.	Itik	
	- <i>Starter</i>	4000
	- <i>Grower</i>	4000
	- <i>Breeder</i>	4000
4.	Puyuh	
	- <i>Grower</i>	5000
	- <i>Breeder</i>	5000

Kebutuhan vitamin A yang bervariasi bergantung pada kemungkinan perbedaan genetik untuk memenuhi kebutuhan vitamin A, kemungkinan variasi dalam kapasitas pengambilan vitamin A, kemungkinan variasi suplemen vitamin A, kehilangan vitamin A akibat oksidasi dan efek peroksidasi, kehilangan vitamin A dalam saluran pencernaan oleh pro oksidan, *coccidia*, *capilaria* dan bakteri,

variasi tingkat absorpsi vitamin A, kemungkinan rusaknya vitamin A pada dinding usus oleh parasit usus, level protein atau lemak yang tidak mencukupi untuk formasi optimum dari β -lipoprotein dan atau RBP untuk transport vitamin A dan peningkatan kebutuhan vitamin A karena penyakit atau stress lainnya.

Defisiensi vitamin A menyebabkan penyakit buta malam (*night blindness nyctalopia*), degenerasi epitel, kornifikasi yang berlebihan atas epitel squamous berstrata, serta peningkatan kepekaan terhadap infeksi karena fungsi yang abnormal dari adrenal korteks, kurus, lemah, penurunan produksi, penurunan daya tetas, peningkatan kematian embrio, xerophthalmia. Defisiensi vitamin A pada anak ayam akan mengakibatkan pertumbuhan lambat, mengantuk, kekurangan keseimbangan, kurus dan bulu kusut. Dalam kondisi kronis terjadi pengeluaran air mata dan bahan seperti keju pada mata. Berbagai macam rabun pada ayam, yaitu kurang rodopsin, xerosis, pengeringan *conjunctiva* yang disebut *xerophthalmia*, *bitot's spots* (titik putih pada kornea, glaukoma (distorsi pada kornea) dan perforasi pada kornea (keratomalasia atau xerosis dan perforasi kornea).

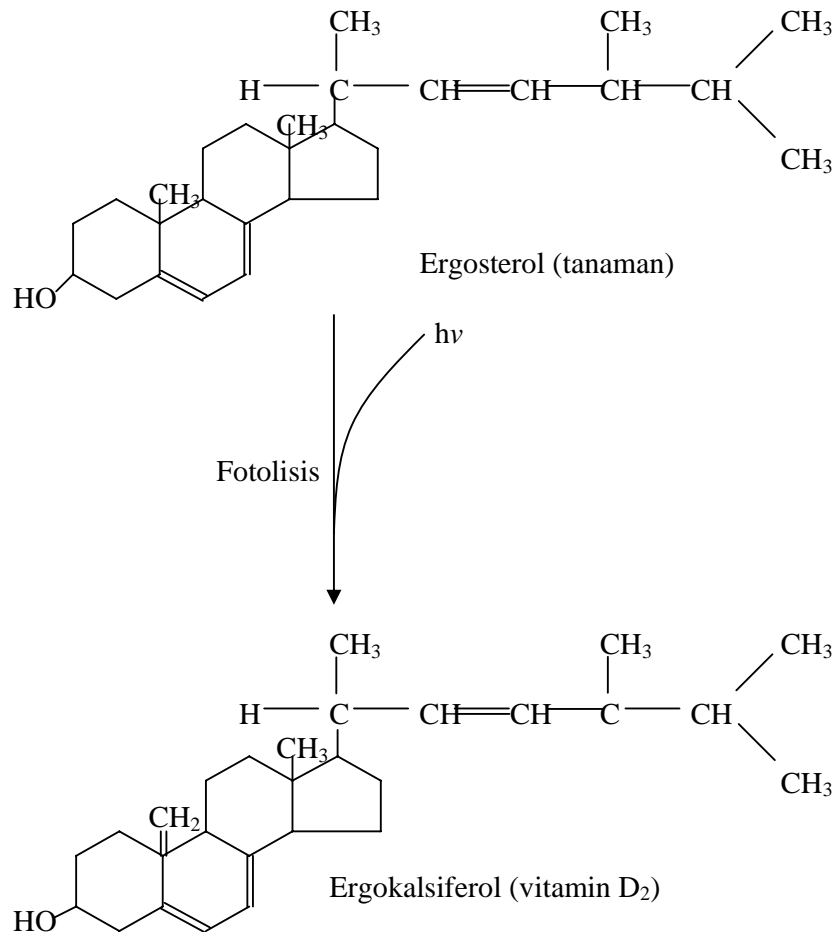
Dalam kondisi kelebihan vitamin A, tidak akan teracun apabila sampai dengan dosis 1 - 1,5 juta IU/kg pakan, tetapi apabila sampai pada 50 -100 kali kebutuhan minimum akan beracun. Gejala keracunan vitamin A adalah kehilangan bobot badan, konsumsi pakan menurun, pelupuk mata mengeras, luka pada mulut dan kulit kaki, penurunan kualitas tulang dan akhirnya kematian.

4.3.2. Vitamin D (anti rakhitis)

Penemu vitamin D adalah Sir Edward Melanby pada tahun 1919. Vitamin D merupakan prohormon jenis sterol yang sah. Vitamin D adalah istilah umum untuk derivat-derivat sterol yang larut dalam lemak dan aktif dalam mencegah rakhitis. Sifat umum dari vitamin D adalah larut dalam lemak dan lebih tahan terhadap oksidasi daripada vitamin A. Vitamin D terdiri atas vitamin D₂ dan D₃. Vitamin D₂ (ergokalsiferol) merupakan produk tanaman yang terbentuk melalui radiasi ultra violet terhadap ergosterol. Ergosterol berubah bentuk menjadi lumisterol setelah terjadi isomerisasi pada karbon nomor 10. Lumisterol berubah

menjadi takhisterol setelah cincin β membuka. Takhisterol mengalami perpindahan ikatan rangkap dari $C5 = C10$ menjadi $C10 = C18$ dan menjadi ergokalsiferol.

Senyawa kimia vitamin D_2 adalah $C_{28}H_{43}OH$. Vitamin D_3 (kolekalsiferol) merupakan produk hewan dan disintesis pada kulit melalui radiasi 7-dehidrokolesterol oleh sinar ultraviolet. Karena penyinaran itu terjadi dari sinar matahari terhadap kulit yang terbuka, oleh sebab itu vitamin D_3 disebut vitamin sinar matahari. Vitamin D_3 mempunyai senyawa kimia $C_{27}H_{45}OH$. Vitamin D_3 dapat juga diperoleh melalui makanan terutama dalam bentuk minyak hati ikan. Struktur kimia dari ergosterol dan ergokalsiferol terlihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11. Struktur kimia ergosterol dan ergokalsiferol

Vitamin D₃ mempunyai tiga peran pokok, yaitu meningkatkan absorpsi kalsium di usus halus, memungkinkan resorpsi kalsium dari tulang, dan menurunkan ekskresi fosfat dari ginjal. Bersama-sama dengan hormon paratiroid, hasil dari aktivitas vitamin D adalah berupa peningkatan kadar kalsium dalam darah.

Vitamin D₂ dan D₃ makanan bercampur dengan misel usus dan diserap melalui usus halus proksimal. Berikatan dengan globulin spesifik, vitamin ini diangkut dalam darah ke hati. Sebelum efektif, vitamin D₃ haruslah terlebih dahulu diaktifkan. Sebagian diaktifkan di dalam hati, melalui konversinya menjadi 25-hidroksikalsiferol (dengan hidroksilasi). Senyawa ini lalu diangkut ke ginjal, untuk hidroksilasi berikutnya menjadi 1, 25-hidroksikalsiferol. Dalam bentuk inilah vitamin ini sepenuhnya aktif. Di dalam darah, bentuk yang aktif tersebut bekerja pada sel dari mukosa usus hingga terjadi sintesis suatu mRNA yang spesifik, mRNA itu mengkode protein pembawa kalsium dari usus. Oleh karena itu vitamin D memudahkan absorpsi kalsium dan kemudian tentunya memperlancar kalsifikasi tulang. Kebutuhan vitamin D pada unggas bervariasi. Kebutuhan unggas atas vitamin D dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13. Kebutuhan vitamin D pada unggas

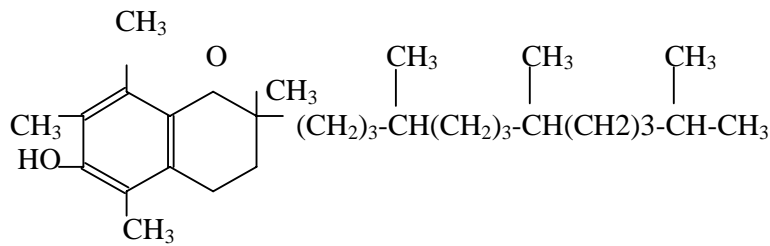
No	Unggas	Kebutuhan (ICU)
1.	Ayam broiler	
	- <i>Starter</i>	200
	- <i>Finisher</i>	200
2.	Ayam petelur	
	- <i>Starter</i>	200
	- <i>Grower</i>	200
	- <i>Layer</i>	500
3.	Itik	
	- <i>Starter</i>	220
	- <i>Grower</i>	220
	- <i>Breeder</i>	500
4.	Puyuh	
	- <i>Grower</i>	1200
	- <i>Breeder</i>	1200

Kebutuhan vitamin D pada ayam bergantung pada sumber fosfor dalam pakan, banyaknya dalam imbangannya kalsium dengan fosfor, dan besarnya kesempatan hewan untuk terkena sinar matahari langsung. Kebutuhan vitamin D pada ayam meningkat apabila pakan mempunyai kandungan fosfor available (tersedia) yang rendah, seperti pada fosfor pitat atau bentuk fosfor lain yang ketersediaannya rendah.

Defisiensi vitamin D menyebabkan timbulnya riketsia pada tulang karena kekurangan kalsium. Keadaan ini dapat menimbulkan pembengkakan sendi, kaki yang melengkung dan sebagainya. Seperti halnya vitamin A, vitamin D diekskresikan dari tubuh secara amat perlahan, melalui empedu, oleh karena itu apabila terlalu banyak dimakan dapat menimbulkan keracunan. Kadar vitamin D yang tinggi di dalam darah mempengaruhi metabolisme kalsium, hingga dapat terjadi problem neurologik, serta kejadian deposisi kalsium pada jaringan-jaringan lunak. Hal ini dapat terjadi apabila keadaan berlangsung lama. Defisiensi ayam dewasa menyebabkan kulit telur tipis dan lembek, penurunan produksi telur, penurunan daya tetas dan paruh serta kuku mudah bengkok. Sementara defisiensi pada ayam muda menyebabkan kelemahan pada kaki, paruh lunak, sukar berjalan dan pertumbuhan bulu tidak normal. Apabila defisiensi kronis akan terjadi distorsi kerangka.

4.2.3. Vitamin E (tokoferol)

Penemu vitamin E adalah Evans dari USA pada tahun 1936. Vitamin E (tokoferol) adalah minyak yang terdapat pada tumbuh-tumbuhan, khususnya benih gandum, beras dan biji kapas. Susunan kimia vitamin E terdiri atas nukleus khroman dan rantai samping isoprenoid. Sifat umum vitamin E adalah tahan panas, mudah dioksidasi dan rusak apabila terdapat dalam lemak tengik. Terdapat tiga jenis vitamin E, yaitu α , β dan γ -tokoferol. Perbedaannya terletak pada gugus R₁, R₂ dan R₃. α -tokoferol adalah bentuk vitamin E yang paling aktif atau paling efektif. Derivat yang lain adalah delta, zeta, epsilon dan eta. Struktur kimia vitamin E dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12. Struktur kimia tokoferol

Absorpsi vitamin E dari usus dilakukan dengan adanya asam empedu. Vitamin E tidak begitu dapat dipergunakan bila diberikan secara parental. Tubuh mempunyai kemampuan luas untuk menimbun vitamin E, terutama dalam hati. Keadaan ini dapat dimanfaatkan apabila induk kaya akan vitamin E maka anak yang dilahirkan telah mempunyai cadangan vitamin E.

Vitamin E berperan sebagai kofaktor untuk sitokrom reduktase pada otot rangka dan otot jantung. Vitamin E juga berfungsi sebagai anti oksidan, yaitu mencegah otooksidasi pada asam-asam lemak tak jenuh serta menghambat timbulnya peroksidasi dari lipida pada membran sel. Selain itu juga berfungsi dalam reaksi fosforilasi, metabolisme asam nukleat, sintesis asam askorbat dan sintesis ubiquinon, reproduksi, mencegah ensefalomalasia dan distorsi otot.

Vitamin E terdapat di alam yaitu pada lemak dan minyak hewan atau tanaman terutama bagian kecambah gandum, telur, dan kolostrum susu sapi. Kebutuhan vitamin E pada unggas bervariasi. Kebutuhan unggas atas vitamin E dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Selenium mengurangi kebutuhan vitamin E dengan tiga cara. Pertama, selenium diperlukan untuk fungsi normal pankreas dan dengan demikian pencernaan dan penyerapan lemak, termasuk vitamin E. Ke dua, sebagai komponen glutathion peroksidase, selenium membantu menghancurkan peroksida dan oleh karena itu mengurangi peroksidasi asam-asam lemak tidak jenuh membran lemak. Peroksidasi yang berkurang ini banyak menurunkan kebutuhan akan vitamin E untuk pemeliharaan integritas (keutuhan) membran.

Tabel 4.14. Kebutuhan vitamin E pada unggas

No	Unggas	Kebutuhan (IU)
1.	Ayam broiler	
	- <i>Starter</i>	10
	- <i>Finisher</i>	10
2.	Ayam petelur	
	- <i>Starter</i>	10
	- <i>Grower</i>	5
	- <i>Layer</i>	5
4.	Puyuh	
	- <i>Grower</i>	12
	- <i>Breeder</i>	25

Ke tiga, dalam satu cara yang tidak diketahui, selenium membantu retensi vitamin E dalam lipoprotein plasma darah.

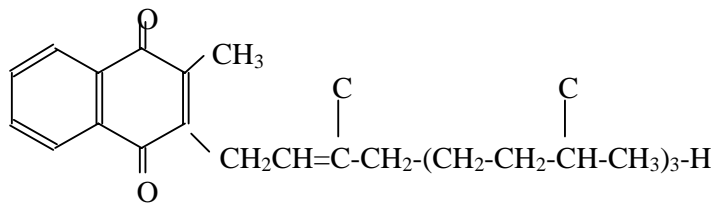
Sebaliknya, vitamin E nampak mengurangi kebutuhan akan selenium, dengan mencegah kehilangan selenium dari tubuh atau mempertahankannya dalam bentuk aktif. Dengan mencegah oto oksidasi lemak membran dari dalam, vitamin E mengurangi jumlah glutathion peroksidase yang dibutuhkan untuk merusak peroksida yang dibentuk dalam sel.

Defisiensi vitamin E dapat menyebabkan degenerasi epitel germinal pada hewan jantan serta resorpsi embrio pada hewan betina (pada mamalia) yang bergantung pada vitamin E. Defisiensi pada ayam dewasa menyebabkan daya tetas menurun, embrio mati dan degenerasi testis. Sementara defisiensi pada ayam muda menyebabkan ensefalomalasia, diatesis eksudatif dan distrofi otot.

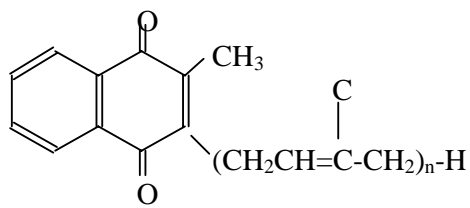
4.2.4. Vitamin K

Penemu vitamin K adalah Henry Dam dari Denmark pada tahun 1929. Vitamin K disintesis oleh tanaman dan mikroorganisme. Dalam tanaman, sintesis tersebut terjadi pada daun hijau dan proses tersebut terjadi dengan pertolongan sinar matahari. Vitamin K adalah substitusi poliisoprenoid naftokuinon. Vitamin K adalah vitamin untuk pembekuan darah. Vitamin K penting untuk pembentukan protrombin (faktor II), serta thromboplastin jaringan (faktor VII),

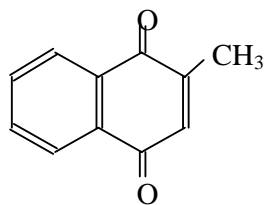
thromboplastin plasma (faktor IX) dan faktor Stuart (faktor XX) yang bersifat esensial untuk pembekuan darah. Vitamin K penting untuk sintesis empat macam protein darah yang ada hubungannya dengan pembekuan darah yaitu prothrombin, thromboplastin plasma, prokovertin dan faktor Stuart. Pada proses pembekuan darah fungsi vitamin K adalah menstimulir protrombin menjadi thrombin. Langkah berikutnya adalah thrombin menstimulir konversi fibrinogen dalam plasma darah menjadi fibrin. Fibrin inilah yang berperan dalam pembekuan darah. Struktur kimia vitamin K dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Filokuinon (vitamin K₁)



Menakuinon (vitamin K₂)



Menadion (vitamin K₃)

Gambar 4.13. Struktur kimia vitamin K

Vitamin K terdiri atas vitamin K₁ (filloquinon) yang berasal dari nabati., vitamin K₂ (menaquinon) yang berasal dari hewani. Vitamin K₃ (menadion) adalah bentuk aktif vitamin K dalam tubuh. Vitamin K dalam bentuk "farnoquinon" dibuat oleh mikroorganisme di dalam saluran cerna. Sifat dari vitamin K adalah sedikit larut dalam air, tahan panas, tahan oksidasi dan tidak tahan radiasi matahari. Bentuk-bentuk vitamin K dan sumber alamnya dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15. Bentuk dan sumber vitamin K

No.	Bentuk	Sumber
1.	Filoquinon (Vitamin K ₁)	Hijauan
2.	Menaquinon-4 (Vitamin K ₂)	Jaringan hewan
3.	Menaquinon-6 (Vitamin K ₂)	Tepung ikan yang sedang membusuk (jumlah sedikit dari bakteri)
4.	Menaquinon-7 (Vitamin K ₂)	Tepung ikan yang sedang membusuk terutama berasal dari bakteri <i>bacillus brevis</i> , <i>mycobacterium tuberculosis</i> , <i>bacillus subtilis</i> dan <i>lactobacillus casei</i> .
5.	Menaquinon-8 (Vitamin K ₂)	Bakteri <i>saecina lutea</i> , <i>escherachia coli</i> , <i>proteus vulgaris</i> dan <i>chromatium vinosum</i> .
6.	Menaquinon-9 (Vitamin K ₂)	Bakteri <i>pseudomas pyocyanea</i> dan <i>corynebacterium tuberculosis</i> .

Kebutuhan vitamin K pada unggas bervariasi. Kebutuhan minimum vitamin K pada ayam, berdasarkan atas pakan yang tidak mempunyai agen stress seperti sulfaquinoxaline dan atau obat lain. Kebutuhan unggas atas vitamin K dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Defisiensi vitamin K dapat menyebabkan timbulnya perdarahan karena darah yang sulit membeku, anemia dan perkembangan tulang hipoplastis. Terdapat keracunan potensial dari dosis tinggi vitamin K, khususnya menadion dapat menyebabkan hemolisis dan memperberat hiperbilirubinemia.

Tabel 4.16. Kebutuhan vitamin K pada unggas

No	Unggas	Kebutuhan (mg/ekor/hari)
1.	Ayam broiler	
	- <i>Starter</i>	0,50
	- <i>Finisher</i>	0,50
2.	Ayam petelur	
	- <i>Starter</i>	0,50
	- <i>Grower</i>	0,50
	- <i>Layer</i>	0,50
3.	Itik	
	- <i>Starter</i>	0,4
	- <i>Grower</i>	0,4
	- <i>Breeder</i>	0,4
4.	Puyuh	
	- <i>Grower</i>	1,00
	- <i>Breeder</i>	1,00