

## BAB II

## TINJAUAN PUSTAKA

## 1. Mineral

Mineral dalam tubuh terdiri dari banyak unsur yang jumlahnya sangat bervariasi pada berbagai organ sesuai dengan masing-masing fungsinya (Maynard dkk., 1984). Mineral diperlukan oleh hampir semua bagian tubuh, tetapi yang terutama digunakan untuk pembentukan tulang, gigi dan produksi air susu. Air susu memiliki kadar mineral yang cukup tinggi, dan kandungan mineral yang rendah dalam tubuh mengakibatkan penurunan produksi, bahkan dapat mengakibatkan gangguan kesehatan (Diggins dkk., 1979).

## 2. Kalsium dan Fosfor

Kalsium merupakan mineral yang jumlahnya terbanyak dalam tubuh, sebagian besar terdapat pada tulang dan gigi berupa kalsium fosfat dan kalsium hidroksida (Smith, 1969). Kira-kira 99 % kalsium dan 80 % fosfor dalam tubuh terdapat pada tulang dan gigi. Selebihnya kalsium terdistribusi secara luas di berbagai organ dan jaringan, serta memiliki fungsi yang cukup penting. Kalsium diperlukan untuk proses pembekuan darah yaitu pada saat pembentukan trombin dari protrombin. Kalsium diperlukan pula untuk kontraksi otot, fungsi otot jantung, mekanisme rangsangan neuro muskuler, mengaktifkan beberapa enzim dan sekresi beberapa hormon serta faktor pelepas hormon (Maynard dkk., 1984).

Selain yang terdapat pada tulang, hampir semua fosfor dalam tubuh berbentuk ikatan organik seperti fosfoprotein, nukleoprotein, fosfolipid, fosfokreatin dan heksosefosfat. Ikatan fosfat juga merupakan komponen dari berbagai enzim (Maynard dkk., 1984).

### 3. Metabolisme Kalsium dan Fosfor

Kalsium dan fosfor berhubungan erat satu sama lain dalam metabolisemenya. Metabolisme kalsium dan fosfor dipengaruhi hormon paratiroid, hormon kalsitonin serta vitamin D. Hormon paratiroid disekresi sebagai jawaban terhadap keadaan hipokalsemia. Hormon ini merangsang perubahan 25-Dihidroksikolekalsiferol menjadi 1,25-Dihidroksikolekalsiferol (1,25-DHCC), yang merupakan bentuk aktif dari vitamin D. Hormon paratiroid bersama 1,25-DHCC membantu penyerapan kalsium dari tulang, sedang 1,25-DHCC sendiri membantu penyerapan kalsium dan fosfor di usus halus.

Kalsium yang berada dalam aliran darah berasal dari penyerapan tulang dan penyerapan dari usus. Bila kadar kalsium dalam darah meningkat melebihi normal, akan menghambat sekresi hormon paratiroid dan merangsang sekresi hormon kalsitonin. Peningkatan konsentrasi hormon kalsitonin menghambat penyerapan kalsium dari tulang (Blood dkk., 1981).

Vitamin D membantu pembentukan ikatan antara kalsium dengan protein yang dihasilkan oleh sel-sel mukosa usus. Bentuk ikatan inilah yang menembus dinding usus, untuk

kemudian diserap ke dalam aliran darah. Setelah diserap dari usus, kalsium dibawa menuju hepar melalui vena porta untuk dipecah ikatan-ikatannya dan membentuk ikatan-ikatan baru antara lain dengan protein plasma. Kalsium bertahan selama beberapa waktu di hepar, sehingga pelepasannya ke dalam aliran darah tepi relatif konstan (Georgievskii, 1981).

Banyak faktor yang cukup kompleks yang mempengaruhi penyerapan kalsium. Sebenarnya selain diserap dari makanan, kalsium juga dikeluarkan ke dalam lumen usus dari aliran darah dan disebut kalsium endogen (Breazile dkk. 1971). Penyerapan kalsium dari saluran cerna terjadi pada bagian depan usus halus dan merupakan proses aktif. Penyerapan ini dapat terhambat bila terdapat garam-garam Ca-fosfat atau Ca-oksalat yang tidak larut, atau oleh adanya alkali. Sebaliknya makanan yang mengandung protein tinggi akan meningkatkan penyerapan tersebut. Bila makanan mengandung kalsium yang berlebihan, maka kalsium banyak yang tidak diserap dan keluar bersama feses disebut kalsium eksogen. Sebagian besar kalsium yang dibebaskan dari tulang dikeluarkan melalui urin (Sulistia Gan, 1981).

Penyerapan kalsium lebih efisien pada keadaan kebutuhan yang meningkat, misalnya pada masa bunting dan masa menyusui. Perbandingan kalsium dan fosfor dalam makanan juga sangat mempengaruhi penyerapannya. Kadar salah satu dari kalsium atau fosfor yang tinggi dalam makanan dapat

membatasi penyerapan yang lain (Kaneko dan Cornelius, 1970).

Laktosa juga membantu penyerapan kalsium dengan jalan mempengaruhi sel-sel penyerap pada mukosa usus untuk meningkatkan permeabilitasnya terhadap ion kalsium (Armbrecht dan Wasserman, 1976). Menurut Swartzman dkk. (1978) dan Maynard dkk. (1984), asam-asam oksalat dan fitat menghambat penyerapan kalsium dengan membentuk garam oksalat yang tidak larut.

Kadar ferum, aluminium dan magnesium yang terlalu tinggi dalam makanan dapat mengganggu penyerapan fosfor dengan membentuk ikatan fosfat yang tak larut.

Perubahan kadar fosfor anorganik dalam serum darah dipengaruhi oleh kerja dari hormon paratiroid yang sekresinya dirangsang oleh rendahnya kadar kalsium dalam darah (Fischer, 1973) dikutip oleh Daniel dan Moodie (1979).

Hormon paratiroid menurunkan kadar fosfor anorganik dalam serum darah dengan jalan meningkatkan ekskresi fosfat melalui ginjal (Mayer dkk., 1966), maupun meningkatkan ekskresi fosfat melalui saliva (Clarke dkk., 1975) dikutip oleh Daniel dan Moodie (1979).

#### 4. Kalsium dan Fosfor dalam Darah

Dalam setiap 100 ml serum darah sapi normal terdapat 9 sampai 12 mg kalsium yang memiliki dua bentuk. Kalsium yang larut kira-kira 60 % dan selebihnya berikatan dengan protein terutama albumin dan protein plasma lain.

Kadar fosfor anorganik dalam serum darah sapi normal adalah 4 sampai 9 mg tiap 100 ml (Maynard dkk., 1984).

Kalsium dan fosfor tidak hanya diperlukan untuk memelihara dan mempertahankan susunan sistem kerangka tubuh, tetapi juga diperlukan untuk produksi susu. Kenyataannya, sapi perah sering mengalami keseimbangan mineral yang negatif (kadar yang rendah dalam darah), terutama kalsium dan fosfor pada permulaan masa menyusui. Keseimbangan Ca dan P yang negatif ini masih juga terjadi meskipun kedua mineral tersebut ditambahkan dalam makanannya. Keadaan ini disebabkan oleh kegagalan kelenjar paratiroid memobilisasi kalsium yang cukup dalam darah untuk mengimbangi penurunan kadarnya yang cepat saat melahirkan sebagai akibat sekresi air susu (Kon dan Cowie, 1961).

#### 5. Kalsium dalam Air Susu

Komponen-komponen tertentu dalam air susu seperti laktosa, kasein dan beberapa asam lemak dihasilkan oleh kelenjar susu. Sedangkan mineral dan vitamin didapat secara langsung dari aliran darah. Oleh sebab itu kadar mineral dalam air susu dapat dipengaruhi oleh kadarnya dalam darah (Maynard dkk., 1984).

Kasein dalam air susu berperan sebagai pengikat Ca dari aliran darah untuk membentuk ikatan kalsium kaseinat. Melalui proses pengikatan antara larutan kaseinat dengan kalsium fosfat, terbentuklah suatu koloid yang selanjutnya

menjadi salah satu komponen air susu (Smith, 1969).

Lebih dari tiga puluh macam mineral terdapat dalam air susu, namun sebagian besar hanya berupa trace element. Mineral tersebut berasal dari plasma darah, tetapi kadar beberapa mineral penting dalam air susu sangat berbeda dengan kadarnya dalam serum darah. Perbandingan kadar beberapa mineral dalam serum darah dan dalam air susu dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Kadar beberapa mineral dalam serum darah dan dalam air susu.

Mineral	Serum Darah (%)	Air Susu (%)
Kalsium	0,009	0,12
Fosfor	0,011	0,10
Kalium	0,03	0,15
Natrium	0,34	0,05
Klor	0,35	0,11

Sumber: Maynard dkk. (1984).

## 6. Sifat Air Susu

Air susu segar yang normal memiliki pH yang sedikit asam yaitu sekitar 6,5 sampai 6,6. Keasaman susu segar ini disebabkan oleh adanya beberapa komponen yang memberi reaksi asam seperti fosfat, protein dan adanya sejumlah kecil  $\text{CO}_2$  serta sitrat di dalamnya (Eckles dkk., 1980).

Keseimbangan mineral dalam air susu berkaitan erat dengan proses penggumpalan kasein. Kasein sangat sulit

menggumpal bila berikatan dengan kalsium dalam jumlah yang tepat. Karena kalsium dalam air susu berikatan dengan kasein, fosfat dan sitrat, maka kadar kalsium yang rendah akan menyebabkan ketidak seimbangan komponen dalam air susu sehingga air susu menjadi lebih asam. Bila keasaman air susu meningkat, kasein menjadi labil dan mudah mengalami penggumpalan (Eckles dkk., 1980).

Kestabilan koloidal protein-protein susu tergantung pula dari selubung air yang meliputi molekul-molekul kasein. Pada penambahan alkohol, terutama dengan konsentrasi yang tinggi mempunyai daya dehidrasi sehingga molekul-molekul kasein akan mengalami penggumpalan. Semakin tinggi derajat asam, semakin sedikit jumlah alkohol dengan konsentrasi yang sama dibutuhkan untuk memecahkan air susu. Derajat keasaman air susu yang normal berkisar antara  $6^{\circ}$  sampai  $8^{\circ}$  Soxhlet Henkel (SH). Sedangkan air susu dengan derajat asam  $8^{\circ}$  sampai  $9^{\circ}$  SH akan pecah bila ditambah dengan alkohol 70 % sama banyak (Anonimus, 1983).

#### 7. Kekurangan Kalsium dan Fosfor

Bila kadar kalsium (juga fosfor dan vitamin D) dalam makanan tidak mencukupi kebutuhan, hewan-hewan muda akan menderita rakhitis. Gejala yang khas dari penyakit ini adalah pertumbuhan terhambat, nafsu makan hilang, pembengkokan tulang punggung, tulang rusuk dan tulang-tulang panjang, bila berdiri sempoyongan dan kalau berjalan

pincang. Sedang pada hewan dewasa dapat mengakibatkan osteomalasia atau osteoporosis. Penyakit terjadi secara bertahap dan disertai dengan penurunan produksi, nafsu makan menurun, gangguan fungsi pencernaan dan bulu menjadi suram. Gejala kekurangan fosfor pada hewan mirip dengan kekurangan kalsium karena kedua mineral ini saling berkaitan, baik dalam metabolismenya, fungsinya maupun mekanisme-mekanisme yang lain (Georgievskii, 1981).

Hipokalsemia dapat pula menyebabkan gangguan reproduksi, namun pengaruhnya tidak sehebat hipofosfatemia. Kekurangan fosfor sangat banyak menimbulkan kesulitan-kesulitan reproduksi dan mengakibatkan kerugian ekonomi yang cukup besar. Hipofosfatemia dapat menyebabkan kekacauan siklus birahi bahkan sering pula menyebabkan tidak adanya birahi. Sedang hipokalsemia biasanya menyebabkan kematian beberapa fetus pada hewan multi para, dan pada sapi dapat menyebabkan distokia karena tidak adanya tonus dan lemahnya kontraksi otot polos uterus (Theiler dkk., 1928) dikutip oleh Maynard dkk. (1984).