

**EFEK SUPLEMENTASI PRODUK FERMENTASI DALAM
RANSUM TERHADAP KOMPONEN DARAH KELINCI**

MAKALAH ILMIAH

Oleh:

A b u n



**JURUSAN NUTRISI DAN MAKANAN TERNAK
FAKULTAS PETERNAKAN
UNIVERSITAS PADJADJARAN
JATINANGOR 2005**

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum, wr.wb.

Puji syukur penulis panjatkan ke Hadirat Allah Swt, karena atas Rahmat-Nya makalah ini dapat diselesaikan. Judul makalah ini adalah “Efek Suplementasi Produk Fermentasi dalam Ransum terhadap Komponen Darah Kelinci”.

Makalah ini dibuat sebagai salah satu landasan ilmiah dalam bidang bioteknologi pakan serta sebagai pedoman dalam pelajaran Mata Kuliah “Teknologi Pakan”, dimana didalamnya membahas tentang teknologi fermentasi guna meningkatkan efisiensi pakan”.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Dekan Fakultas Peternakan Universitas Padjadjaran, yang telah memberikan kepercayaan untuk melakukan penulisan makalah ilmiah ini.
2. Kepala Laboratorium Nutrisi Ternak Unggas Non Ruminansia dan Industri Makanan Ternak, Jurusan Nutrisi dan Makanan Ternak, Fakultas Peternakan Universitas Padjadjaran, Jatinangor, yang telah memberikan fasilitas dan bimbingannya dalam penulisannya.
3. Semua pihak yang telah membantu terlaksananya makalah ini.

Akhirnya penulis berharap makalah ini bermanfaat bagi berbagai pihak yang memerlukannya.

Jatinangor, April 2005

Penulis,

DAFTAR ISI

BAB	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iv
I.. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Maksud dan Tujuan	3
1.4. Kegunaan Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Darah	5
2.1.1. Hemoglobin	7
2.1.2. Anemia	7
2.1.3. Pembentukan Sel Darah Merah	8
2.2. Saluran Pencernaan Kelinci	8
2.3. Fermentasi, Arti dan Manfaat Fermentasi.....	9
2.3.1. Deskripsi <i>Neorospora sp</i>	10
2.3.2. Deskripsi <i>Saccharomyces cereviseae</i>	11
2.3.3. Deskripsi <i>Rhizopus oligosporus</i>	12
2.4. Deskripsi Mineral Cu	13
2.5. Deskripsi Mineral Zn	20
III. BAHAN DAN METODE	24
3.1. Tahapan Percobaan	24
3.2. Ransum Perlakuan	24
3.3. Analisis Statistik	25

3.4. Peubah yang Diamati	25
3.5. Prosedur Pembuatan Zn-Cu Proteinat	25
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1. Pengaruh Perlakuan terhadap Nilai Hematokrit	27
4.2. Pengaruh Perlakuan terhadap Hemoglobin Darah	29
4.3. Pengaruh Perlakuan terhadap Jumlah Sel Darah Merah	33
4.4. Pengaruh Perlakuan terhadap Jumlah Sel Darah Putih	36
V. KESIMPULAN.....	40
DAFTAR PUSTAKA	41

DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
1.	Beberapa Enzim Penting yang Mengandung Tembaga	15
2.	Nilai Hematokrit Darah Kelinci dari Berbagai Perlakuan	27
3.	Kadar Hemoglobin Darah Kelinci dari Berbagai Perlakuan	30
4.	Pengaruh Perlakuan terhadap Jumlah Sel Darah merah	33
5.	Uji Kontras Ortogonal Pengaruh Perlakuan terhadap Jumlah Sel darah Merah	34
6.	Pengaruh Perlakuan terhadap Jumlah Sel Darah Putih..	37
7.	Uji Kontras Ortogonal Pengaruh Perlakuan terhadap Jumlah Sel darah Putih	38

I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pakan hijauan Indonesia umumnya defisiensi mineral Zn (seng) dan beberapa diantaranya defisiensi mineral Cu (tembaga). Mineral Zn sangat esensial pada pembentukan enzim pencernaan protein, metabolisme energi dan transportasi CO₂ dalam system darah. Sedangkan tembaga berperan sebagai komponen ceruloplasmin dalam darah yang berperan dalam system kekebalan tubuh.

Pada kelinci yang sedang tumbuh dibutuhkan pasokan asam amino dalam ransum dengan jumlah yang relative tinggi. Guna memacu pertumbuhan lebih cepat, disamping perlu ada pasokan protein juga harus tersedia Cu dan Zn yang berperan dalam system enzim. Asam amino, vitamin, mineral Cu dan Zn dapat dipasok melalui pemberian Zn-Cu-proteinat, yaitu produk fermentasi substrat yang diperkaya Zn dan Cu. Mikroba yang digunakan adalah *Neurospora sp.*, *Saccharomyces cerevisiae* dan *Rhizopus oligosporus*. Kapang tersebut bersifat lipolitik, amilolitik, dan proteolitik. Selama proses fermentasi oleh ketiga jenis mikroba tersebut, diharapkan mineral Zn dan Cu yang ada dalam substrat dimetabolisme oleh kapang dan ragi kemudian membentuk ikatan dengan gugus protein atau karbohidrat. Mineral yang terikat gugus karboksil protein atau karbohidrat sederhana tersebut menjadikan mineral lebih tersedia untuk diserap usus halus.

Darah merupakan media pengangkut sari makanan yang telah diserap oleh usus halus untuk kemudian didistribusikan ke seluruh jaringan tubuh. Selain itu darah juga sebagai media pengangkut oksigen dan membantu mengeluarkan karbondioksida dan sisa metabolit lainnya (proton) yang terbentuk oleh metabolme jaringan. Darah tersebut tersusun dari plasma dan berbagai sel.

Seruloplasmin adalah suatu protein utama yang mengandung mineral tembaga dan terdapat dalam plasma. Seruloplasmin mempunyai aktifitas sebagai enzim *ferrioxidase* yang mampu mengubah zat besi dalam bentuk ferro dari dalam sel-sel dan dalam bentuk simpan dengan transferrin dan akhirnya digunakan oleh sum-sum tulang untuk proses pembuatan eritrosit.

Sedangkan mineral seng (Zn) dalam tubuh dapat terikat dalam bentuk protein Metallothionein (bersama-sama Cd dan Cu), protein ini tidak mempunyai kegiatan enzimatik, namun demikian dapat menurunkan kadar ion-ion bebas yang terdapat dalam sirkulasi.

1.2. Perumusan Masalah

1. Sampai berapa jauh pengaruh suplementasi produk fermentasi dalam ransum dengan inokulum *Neurospora sp.*, *Saccharomyces cerevisiae* dan *Rhizopus oligosporus* yang diperkaya Zn-Cu terhadap nilai hematokrit darah kelinci.
2. Sampai berapa jauh pengaruh suplementasi produk fermentasi dalam ransum dengan inokulum *Neurospora sp.*, *Saccharomyces cerevisiae* dan *Rhizopus oligosporus* yang diperkaya Zn-Cu terhadap nilai haemoglobin darah kelinci.

3. Sampai berapa jauh pengaruh suplementasi produk fermentasi dalam ransum dengan inokulum *Neurospora sp.*, *Saccharomyces cerevisiae* dan *Rhizopus oligosporus* yang diperkaya Zn-Cu terhadap jumlah sel darah merah (eritrosit) kelinci.
4. Sampai berapa jauh pengaruh suplementasi produk fermentasi dalam ransum dengan inokulum *Neurospora sp.*, *Saccharomyces cerevisiae* dan *Rhizopus oligosporus* yang diperkaya Zn-Cu terhadap jumlah sel darah putih (leucosit) kelinci.

1.3. Maksud dan Tujuan

1. Untuk mengetahui dan mempelajari pengaruh suplementasi produk fermentasi dalam ransum dengan inokulum *Neurospora sp.*, *Saccharomyces cerevisiae* dan *Rhizopus oligosporus* yang diperkaya Zn-Cu terhadap nilai hematokrit darah kelinci.
2. Untuk mengetahui dan mempelajari pengaruh suplementasi produk fermentasi dalam ransum dengan inokulum *Neurospora sp.*, *Saccharomyces cerevisiae* dan *Rhizopus oligosporus* yang diperkaya Zn-Cu terhadap nilai haemoglobin darah kelinci.
3. Untuk mengetahui dan mempelajari pengaruh suplementasi produk fermentasi dalam ransum dengan inokulum *Neurospora sp.*, *Saccharomyces cerevisiae* dan *Rhizopus oligosporus* yang diperkaya Zn-Cu terhadap jumlah sel darah merah (eritrosit) kelinci.
4. Untuk mengetahui dan mempelajari pengaruh suplementasi produk fermentasi dalam ransum dengan inokulum *Neurospora sp.*, *Saccharomyces cerevisiae* dan

Rhizopus oligosporus yang diperkaya Zn-Cu terhadap jumlah sel darah putih (leucosit) kelinci.

1.4. Kegunaan Penelitian

1. Kegiatan ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah serta dapat melakukan evaluasi mengenai suplementasi produk fermentasi dalam ransum dengan inokulum *Neurospora sp.*, *Saccharomyces cerevisiae* dan *Rhizopus oligosporus* yang diperkaya Zn-Cu terhadap komponen darah kelinci.
2. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan tambahan informasi tentang suplementasi produk fermentasi dalam ransum dengan inokulum *Neurospora sp.*, *Saccharomyces cerevisiae* dan *Rhizopus oligosporus* yang diperkaya Zn-Cu terhadap komponen darah kelinci.

II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Darah

Darah adalah suatu fluida (cairan) ekstraselular di dalam sirkulasi tertutup dan mengandung bahan-bahan yang sangat diperlukan oleh sel-sel tubuh. Fungsi biologis spesifik darah berkaitan dengan fungsi biologis lainnya yaitu :

- Fungsi respirasi selular, alat pengangkut bermacam-macam substansi gas (O_2 dari paru-paru ke sel-sel tubuh, dan CO_2 ke luar tubuh),
- Fungsi nutrisi, menghantarkan zat pakan dari saluran pencernaan ke sel-sel tubuh,
- Fungsi ekskresi, menghantarkan sisa metabolisme atau zat-zat yang tidak dipakai ke organ ekskresi,
- Fungsi imunitas, menghantarkan leukosit, antibody, zat protektif lain ke sel-sel yang membutuhkan,
- Fungsi humoral, menghantarkan hormone dari kelenjar endokrin ke sel-sel yang membutuhkan,
- Fungsi mengatur tekanan osmotik, mengatur konsentrasi zat-zat terlarut (terutama protein) didalam darah agar tekanan osmotiknya normal,
- Fungsi keseimbangan cairan antara darah dengan cairan jaringan tubuh,
- Fungsi mengatur suhu tubuh,
- Fungsi mengatur keseimbangan elektrolit/asam basa darah,
- Fungsi mengatur tekanan darah, dan menghindarkan pendarahan.

Volume darah yang beredar dalam tubuh kelinci berkisar antara: 1,5 – 3% dari bobot tubuhnya. Makin besar bobot tubuh, volume darah makin banyak.

Darah memiliki beberapa karakteristik, yaitu :

- ✚ Darah yang terdapat dalam pembuluh nadi berwarna merah muda, sedangkan darah yang terdapat dalam pembuluh balik berwarna merah tua,
- ✚ Berat jenis darah bervariasi dari 1,054 – 1,066, sedangkan plasma bervariasi dari 1,024 – 1,028,
- ✚ Viskositas darah 3 - 5 kali viskositas air,
- ✚ Jumlah darah tergantung dari aktivitas.

Darah terdiri atas dua komponen, yaitu :

1. Sel darah, merupakan bagian darah yang mempunyai bentuk, terdiri atas:
 - a. Sel darah merah (eritrosit)
 - b. Sel darah putih (leukosit),
 - c. Keping darah (trombosit).
2. Plasma darah, merupakan bagian yang cair dari darah, terdiri atas :
 - a. Air (sekitar 62 – 72 %)
 - b. Protein (albumin, globulin, dan fibrinogen) (sekitar 28 – 38%)
 - c. Garam-garam anorganik (sekitar 0,9%), yang terdiri atas ion-ion :
Anion (-) : Cl, CO₃, HCO₃, SO₄, PO₄, dan I,
Kation (+) : Na, K, Ca Mg, dan Fe
 - d. Substansi Organik lainnya selain protein, yaitu :

- ❖ NPN (Non Protein Nitrogen) yaitu garam ammonium, urea, asam urat, kreatinin, asam amino, xantin dan hipoxantin,
 - ❖ Lipida, lemak, fosfolipid, dan kolesterol,
 - ❖ Karbohidrat, glukosa.
- e. Substrat yang lain, seperti : hormone, enzim, dan antigen.
- f. Gas-gas yang larut dalam plasma, yaitu O₂, CO₂, N₂, dan gas-gas yang dihasilkan oleh usus.

2.1.1. Hemoglobin

Hemoglobin (pengangkut O₂) dan myoglobin (penyimpan O₂ pada jaringan otot) merupakan senyawa tetrapireol siklik sebagai gugus prostetik heme. Hemoglobin pada eritrosit vertebrata melakukan dua fungsi pengangkutan yang penting, yaitu :

1. pengangkutan O₂ dari organ respirasi ke jaringan perifer, dan
2. pengangkutan CO₂ dan berbagai proton dari jaringan perifer ke organ respirasi untuk selanjutnya diekskresikan keluar.

2.1.2. Anemia

Anemia adalah penurunan jumlah sel darah merah atau hemoglobin dalam darah. Terjadi akibat gangguan sintesis hemoglobin (misalnya pada defisiensi zat besi), atau gangguan produksi eritrosit (misalnya pada defisiensi asam folat atau vitamin B₁₂). Pengukuran anemia dimulai dari pengukuran spectrum kadar Hb darah.

2.1.3. Pembentukan Sel darah Merah

Produksi sel darah merah diatur oleh glikoprotein yang disebut eritropoitin. Eritropoitin terutama disintesis oleh ginjal dan dilepaskan sebagai respon terhadap keadaan hipoksia ke dalam aliran darah dimana eritropoitin akan berjalan ke dalam sumsum tulang. Dalam sumsum tulang eritropoitin akan berinteraksi dengan progenitor sel darah merah (burst-forming unit-erythroid/BFU-E) lewat sebuah reseptor yang spesifik, dan menyebabkan progenitor tersebut berproliferasi dan berdiferensiasi. Disamping itu eritropoitin dapat mengadakan interaksi dengan progenitor sel darah merah berikutnya yang dinamakan CFU-E (colony-forming unit-erythroid) dan juga menyebabkan proliferasi dan diferensiasi. Untuk menghasilkan efek ini eritropoitin bekerjasama dengan sejumlah faktor lain (seperti interleukin-3 dan insulin ke growth hormon). Skema diferensiasi sel induk menjadi sel darah merah dapat dilihat pada bagan berikut :

Sel induk pluripoten --> BFU-E --> CFU-E --> Prekursor eritrost --> SDM matur

2.2. Saluran Pencernaan Kelinci

Kelinci termasuk hewan ruminansia semu karena merupakan hewan herbivore non ruminansia yang mempunyai system pencernaan monogastrik dengan perkembangan secum dan kolon seperti pencernaan ruminansia, sehingga kelinci lebih efisien dalam memanfaatkan zat-zat makanan melalui adanya coprophagy. Pemberian ransum bagi ternak kelinci adalah untuk memenuhi kebutuhan hidup pokok, pertumbuhan, dan produksi. Kelinci mempunyai strategi dalam pencernaannya, yaitu

memisahkan komponen serat kasar ransum dalam sekum dan kemudian bahan ini akan difermentasikan oleh bakteri-bakteri, dilanjutkan dengan pengeluaran yang cepat dari serat yang tidak dapat dicerna bersama feses keras. Bahan yang telah difermentasikan ini akan dikeluarkan berupa feses lunak dan langsung akan dikonsumsi lagi oleh kelinci untuk pencernaan ulang, yang disebut coprophagy. Jadi coprophagy artinya hewan tersebut dapat memanfaatkan kembali sebagian ekskretanya, yaitu caecotropha yang kaya akan vitamin B dan asam amino mikrobial.

2.3. Fermentasi, Arti dan Manfaat Fermentasi

Fermentasi berasal dari bahasa latin *fervere* yang berarti mendidih (Saono, 1976). Hasil pengamatan membuktikan bahwa sel ragi dapat hidup dan berkembang biak dalam keadaan tanpa oksigen bebas. Winarno (1980), mengemukakan bahwa fermentasi adalah suatu reaksi oksidasi reduksi dalam sistem biologis yang menghasilkan energi dimana donor dan aseptor elektron dalam senyawa organik, sehingga dihasilkan produk khas, sedangkan menurut Pederson (1971), fermentasi adalah hasil pengembangbiakan beberapa tipe mikroorganisme khususnya bakteri, ragi dan kapang pada media tertentu yang aktivitasnya menyebabkan perubahan kimia pada media tersebut.

Proses fermentasi dapat dikatakan sebagai proses "*protein enrichment*" yang mengandung pengertian proses pengkayaan protein bahan dengan menggunakan mikroorganisme tertentu. Selanjutnya dijelaskan pula bahwa proses ini identik dengan pembuatan "*Single Cell Proteine*" atau Protein Sel Tunggal (PST), hanya saja pada

“*protein enrichment*” tidak dilakukan pemisahan sel mikroba dari substrat yang tumbuh dengan sisa substratnya (Stanton dkk., 1969). Akibat fermentasi terjadi pula peningkatan zat-zat makanan lainnya seperti vitamin dan asam-asam amino. Hal ini disebabkan oleh karena mikroorganisme bersifat katabolik atau memecah komponen-komponen yang lebih kompleks menjadi lebih sederhana sehingga mudah dicerna. Mikroba dapat pula mensintesa vitamin seperti niasin, pantotenat, riboflavin, piridoksin, pro vitamin A, dan vitamin lainnya (Poesponegoro, 1975).

Selama proses fermentasi terjadi, bermacam-macam perubahan pada komposisi kimia bahan. Kandungan asam amino, karbohidrat, lemak, vitamin dan mineral juga pH, kelembaban, aroma serta perubahan nilai gizi yang mencakup terjadinya peningkatan nilai protein dan penurunan kandungan serat kasar. Semuanya mengalami perubahan akibat aktivitas dan perkembangbiakan mikroorganisme selama fermentasi (Saono, 1976; Winarno dkk., 1982). Mikroba proteolitik dapat memecah protein dan komponen-komponen nitrogen lainnya sehingga menghasilkan bau busuk yang tidak diinginkan apabila waktu fermentasi tidak terkontrol. Keuntungan lain yang dapat diperoleh dari fermentasi adalah terbentuknya antibiotika alami yang memiliki sifat berbeda dengan antibiotika buatan, yang tidak menyebabkan resisten kuman dan tidak terakumulasi dalam tubuh.

2.3.1. Deskripsi *Neurospora sp.*

Ocom merupakan salah satu produk fermentasi makanan khas Jawa Barat yang menggunakan substrat bungkil kacang tanah atau ampas tahu yang diinokulasi dengan spora kapang *Neurospora sitophila*, yaitu spesies kapang yang berkembang biak secara

generatif. *Neurospora* memiliki sifat lipolitik, yaitu dapat menghasilkan enzim yang dapat memecah lemak menjadi asam-asam lemak.

2.3.2. Deskripsi *Saccharomyces cerevisiae*

Saccharomyces cerevisiae adalah fungi uniseluler yang juga disebut ragi, berbentuk bulat atau oval, berukuran 5-12 μ , bermultifikasi membentuk bud, dan setelah dewasa akan pecah menjadi sel induk. Strukturnya mempunyai dinding polisakarida tebal yang menutup protoplasma.

Sin (1966) mengemukakan bahwa keuntungan umum yang diperoleh dari kultur *Saccharomyces cerevisiae* hidup adalah : meningkatkan pertumbuhan bobot badan, efisiensi ransum, dan feed intake. Keuntungan ini diperoleh berdasarkan mekanisme kerja kultur *Saccharomyces cerevisiae* sebagai berikut :

- 1) Menstimulasi appetite, karena ragi ini memiliki flavor natural yang menarik (asam glutamate) yang dapat memperbaiki palatabilitas,
- 2) Mengandung vitamin B kompleks ,
- 3) Mengasimilasi protein dan mensekresi asam amino,
- 4) Menyediakan mineral dalam bentuk chelat (Zn, Cu) setelah sel ragi mengalami otolisis dan sejumlah mineral siap diabsorpsi oleh ternak
- 5) memproduksi sejumlah enzim meliputi amylase, lipase, protease dan lain-lain.
- 6) Sel aktif mempunyai materi absorbatif yang kuat dalam dinding selnya dan dapat berperan sebagai *nutrient reservoir* dan pH buffer.

- 7) Meningkatkan homeostasis usus, karena mempunyai kemampuan memindahkan oksigen untuk menciptakan kondisi anaerob sebagai fasilitas pertumbuhan bakteri anaerob.

2.3.3. Deskripsi *Rhizopus oligosporus*

Rhizopus mempunyai karakteristik sebagai berikut : tidak mempunyai septae, mempunyai satu akar atau rhizoid yang seringkali berwarna hitam tergantung pada umur. Sporangioferanya tumbuh pada node sewaktu rhizoid dibentuk, sporangianya banyak dan umumnya berwarna hitam. *Rhizopus* membentuk myselium yang berlimpah yang dapat memenuhi wadah dan tidak mempunyai sporangiola.

Kapang *Rhizopus oligosporus* termasuk ordo mucorales yang berperan penting dalam menguraikan bahan organik, karena pertumbuhannya cepat. Myselium kapang ini dapat menguasai substrat sebelum mikroba lain aktif. Kapang *Rhizopus oligosporus* dapat berkembang biak melalui cara seksual dan aseksual. Seksual terjadi ketika timbul tonjolan pada hyfa (zigospora) yang berlainan muatan. Zigospora dapat terlepas dari myselium serta tumbuh dan menghasilkan sporangium yang kemudian yang berbeda muatan dan menghasilkan myselium membentuk tiga macam spora (Shurtleff dan Aoyagi, 1979). Aseksual terjadi ketika spora berada pada substrat yang sesuai, yaitu suhu sekitar 37⁰ C, kelembaban 65-85 persen dalam keadaan aerob, pH optimum 3,4 - 6,0. Selanjutnya spora akan menembus substrat dan terjadi ekspansi sampai kulit spora tersebut pecah dan terjadi perkecambahan. Spora tumbuh memanjang seperti jari-jari kecil tembus cahaya yang akan tumbuh menjadi hyfa (Shurtleff dan Aoyagi, 1979).

Secara umum *Rhizopus oligosporus* memiliki ciri spesifik sebagai berikut :

1. Hifa non-septae
2. Mempunyai stolon dan rhizoid yang warnanya gelap kalau sudah tua
3. Sporangiospora tumbuh pada node dimana terbentuk juga rhizoid
4. Sporangia biasanya besar dan berwarna hitam
5. Kollumela agak bulat dan apofisi berbentuk seperti cangkir (Sastramihardja, 1981).

2.4. Deskripsi Mineral Cu

Mineral Cu adalah salah satu mineral yang dibutuhkan oleh ternak. Nama yang diberikan unsur ini adalah Cuprum atau Copper atau tembaga. Nomor atom 29; berat atom 63,5. Cu ini diketahui berperan dalam absorpsi zat besi. Tanpa ketersediaan Cu, zat besi (Fe) yang diasimilasi dan disimpan dalam hati tidak dapat dikonversikan ke dalam hemoglobin darah. Mineral Cu diangkut oleh albumin; dan terikat oleh seruloplasmin.

Seruloplasmin adalah suatu protein utama yang mengandung mineral tembaga dan terdapat dalam plasma. Seruloplasmin mempunyai aktifitas sebagai enzim *ferrioxidase* yang mampu mengubah zat besi dalam bentuk ferro dari dalam sel-sel dan dalam bentuk simpan dengan transferrin dan akhirnya digunakan oleh sum-sum tulang untuk proses pembuatan eritrosit.

Mineral Cu merupakan bagian dari sejumlah enzim, suatu substansi organik pada tubuh ternak antara lain enzim-enzim oksidase seperti Sitokrom C-oksidase dalam mitokondria suatu pusat energi dalam organel sel. Enzim tersebut berfungsi untuk

mempertahankan aliran elektron-elektron guna mereduksi zat besi dalam bentuk ferri menjadi ferro dalam mitochondria yang selanjutnya digunakan sebagai zat untuk sintesa heme.

Kegunaan mineral Cu dalam nutrisi ternak pertama kali dilaporkan pada tahun 1928 untuk mencegah penyakit anema pada hewan terutama sapi perah. **Seruloplasmin** adalah bentuk utama mineral tembaga yang terdapat dalam peredaran darah (plasma). Bentuk Cu di dalam tubuh berikatan kompleks dengan protein yaitu 90% diikat oleh globulin dalam bentuk seruloplasmin dan 10% oleh albumin. Seruloplasmin mempunyai aktivitas sebagai enzim *ferroksidase* yang mampu mengubah zat besi dalam bentuk ferro dari dalam sel dan dalam bentuk simpan dengan transferrin dan akhirnya digunakan oleh sumsum tulang untuk proses pembuatan eritrosit (*erythropoiesis*).

Seruloplasmin adalah α -2-globulin. Protein ini berwarna biru karena kandungan tembaganya dan membawa 90% tembaga yang terdapat dalam plasma. Setiap molekul seruloplasmin mengikat enam atom tembaga dengan erat sekali sehingga tembaga tersebut tidak mudah dipertukarkan. Albumin membawa 10% sisa tembaga di dalam plasma, meskipun kekuatan pengikatan tembaga dengan albumin lebih rendah daripada kekuatan pengikatan tembaga dengan seruloplasmin. Sebagai akibatnya albumin lebih mudah memberikan kandungannya kepada jaringan daripada seruloplasmin, dan tampaknya lebih penting daripada seruloplasmin dalam pengangkutan tembaga di dalam tubuh.

Komponen darah, hemocyanin merupakan kompleks protein-Cu yang berfungsi seperti hemoglobin dalam darah yang banyak ditemukan pada hewan invertebrate. Juga pigmen darah turacin (mengandung 7% Cu) pada bulu Touræo (burung di Amerika) dan hemocuprein (corpuscle darah merah mamalia) dan hepatocuprein (hati). Pada tubuh manusia mengandung 100-150 mg Cu, terdiri dari 64 mg dalam otot, 25 mg dalam tulang dan 18 mg dalam hati.

Beberapa enzim yang aktivitasnya dipengaruhi oleh mineral tembaga dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Beberapa Enzim Penting yang Mengandung Tembaga

No.	Jenis Enzim	Sumber
1	Sitokrom C-oksidadase	Mitokondria
2	Amin oksidadase	Plasma
3	Superoksida dismutase	Sel darah merah dan jantung
4	Ceruloplasmin	Plasma
5	Tyrosinase	Melanoma dan kulit
6	Uricase	Hati dan ginjal
7	Dopamine B hidroksilase	Adrenal
8	Lysil oksidadase	Aorta dan kartilago
9	Diamine oksidadase	Ginjal
10	Histaminase	Hati
11	Spermine oksidadase	Plasma sapi
12	Diamine oksidadase	Plasma babi

Sumber : Paynter, D.L. et. Al. (1979)

Tembaga menerima dan memberikan electron, dan terlibat dalam reaksi yang meliputi dismutasi, hidroksilasi, serta oksigenasi. Sitokrom oksidase merupakan hemoprotein yang merupakan komponen terakhir yang bertanggungjawab dalam reaksi pemindahan elektron yang dihasilkan dari oksidasi mdekul substrat oleh dehidrogenase pada akseptornya yang terakhir yaitu oksigen. Sitokrom ini mengandung 2 molekul heme dimana dalam satu unit heme mengandung 2 atom Cu. Superoksida dismutase, katalase, dan glutathion melindungi sel darah terhadap kerusakan serta stress oksidatif

Mineral tembaga diabsorpsi dari lambung dan seluruh bagian usus halus. Pada kebanyakan spesies hewan mineral tembaga yang berasal dari ransum sulit untuk diabsorpsi. Lama dan banyaknya tembaga yang diabsorpsi dipengaruhi oleh :

1. Jumlah dan bentuk kimia mineral tembaga yang dicerna.

Absorpsi mineral tembaga dari usus halus lebih efisien pada saat hewan dalam kondisi defisien mineral tembaga. Pada dosis mineral tembaga yang lebih tinggi, maka absorpsi akan berlangsung sampai tercapai batas kejenuhan mineral tersebut.

2. Kandungan beberapa ion metal lain dan zat-zat organik.

Absorpsi mineral tembaga sangat tergantung pada adanya ligand baik dalam bentuk organik maupun dalam bentuk inorganik yang membentuk kompleks yang sangat stabil dengan mineral tembaga. Ligand tersebut antara lain :

- a. Asam askorbat dalam dosis tinggi ternyata dapat menghambat absorpsi dan retensi mineral tembaga.
- b. Fitat, membentuk kompleks yang stabil dengan mineral tembaga.

c. Mineral inorganik seperti kalsium, cadmium, **seng**, zat besi, timah, perak, molybdenum, dan sulfur.

3. Umur hewan.

Aborpsi mineral tembaga dari usus halus lebih efisien pada saat hewan memerlukan mineral tersebut untuk pertumbuhan.

Tembaga dibawa ke hati dalam keadaan terikat dengan albumin, diekstraksi oleh sel hati, dan sebagian darinya diekskresikan ke dalam empedu. Tembaga juga meninggalkan hati dalam keadaan terikat dengan seruloplasmin yang disintesis dalam organ tersebut.

Meskipun mekanisme penyerapan mineral tembaga kurang begitu dipahami, namun terdapat bukti akan adanya dua mekanisme yang berkaitan, yaitu :

- a. transportasi mineral tembaga dari lumen usus halus ke dalam jaringan-jaringan,
- b. transport dari sel-sel mukosa ke dalam plasma.

Metalotionein

Kadar tembaga dan logam tertentu lainnya dalam jaringan sebagian diatur oleh Metalotionein. Metalotionein merupakan sekelompok protein kecil yang ditemukan dalam sitosol sel, khususnya sel hati, ginjal, dan usus. Protein ini memiliki kandungan sistein yang tinggi dan dapat mengikat tembaga, seng, cadmium, serta merkuri. Gugus SH pada sistein terlibat dalam pengikatan logam tersebut. Asupan mendadak Cu dan logam lainnya (misalnya lewat penyuntikan) akan meningkatkan jumlah induksi protein dalam jaringan sebagaimana halnya pemberian hormon tertentu. Protein ini mungkin

berfungsi untuk menyimpan semua logam tersebut dalam bentuk non-toksik dan terlibat dalam keseluruhan metabolismenya dalam tubuh.

Mineral tembaga yang masuk ke dalam plasma darah dari usus halus akan berikatan secara longgar dengan serum albumin dan asam-asam amino dan kemudian membawanya ke dalam jaringan-jaringan. Hati merupakan tempat penyimpanan utama dalam tubuh dan juga merupakan tempat sintesis seruloplasmin.

Dari penelitian-penelitian yang dilakukan terhadap beberapa spesies hewan, sebagian besar mineral tembaga yang dicerna akan terdapat dalam feses. Mineral tersebut biasanya tidak dapat diabsorpsi dan daerah utama ekskresinya adalah melalui empedu. Dalam keadaan adanya kelainan atau gangguan pada empedu seperti misalnya pada penyakit Wilson dan kerusakan pada nefron (nephrosis), maka ekskresi mineral tembaga melalui urin meningkat.

Defisiensi mineral tembaga sangat beragam tergantung pada umur, jenis kelamin, spesies hewan, tingkat keparahan dan lama masa defisiensi. Pada saat simpanan tubuh akan mineral tembaga mulai berkurang, maka beberapa proses tertentu tidak terjadi karena kurangnya suplai mineral ini.

Menurut Klevay (1984, dalam Bodwell dan Erdman 1988), Defisiensi Cu dalam pakan ternak menyebabkan beberapa penyakit sebagai berikut :

1. Anemia

Penyakit anemia merupakan akibat dari defisiensi Cu yang lama. Mekanisme dasar dari terjadinya penyakit ini adalah berkurangnya transfer zat besi dari sel-sel mukosa usus halus ke dalam plasma. Kelainan tersebut berkaitan erat dengan kadar

seruloplasmin yang menurun di dalam darah (hyposeruloplasmin-anemia) akibat defisiensi mineral tembaga.

2. Hiperkolesterolemia
3. Hipertrigliseridemia
4. abnormal elektrokardiogram
5. hipertropi cardiac (jantung)
6. dapat menyebabkan kematian.

Gejala yang tampak akibat defisiensi mineral tembaga pada beberapa jenis ternak antara lain :

1. Kelainan tulang kerangka karena menurunnya pembentukan jaringan ikat kolagen, pada kelinci, anak-anak ayam, babi, anjing, anak kuda, dan tikus. Cirinya : deformitas jaringan tulang, tulang mudah retak dan tipis, tulang rawan bagian epifise melebar, dan osteoblas rendah.
2. Terganggunya proses pigmentasi (*achromatricia*) karena menurunnya sintesis melanin pada kulit dan rambut pada domba dan terjadi keratinisasi bulu-bulu woll pada domba.
3. Penyakit *neonatal ataxia* pada anak domba, tetapi tidak pada anak sapi yang dipelihara dalam peternakan yang sama.
4. Kerusakan pembuluh kardiovaskuler yang terdiri dari *falling disease* atau kegagalan fungsi jantung pada sapi; dan *anyerism* pada aorta hewan babi, anak ayam, dan ayam-ayam dara.
5. Kelainan pigmentasi bulu pada kucing, kelinci dan anjing

6. Hiperkeratosis pada sapi.

Terlalu banyak mineral tembaga jilat(mineral licks) atau ransum yang terkontaminasi Cu dapat menyebabkan keracunan. Tanda-tanda keracunan Cu meliputi berkurangnya konsumsi ransum, kecepatan pertumbuhan terhambat, dan gejala penyakit kuning. Toksikitas mineral Cu pada manusia jarang ditemukan kecuali apabila mempunyai penyakit Wilson yang merupakan kelainan genetik dengan ketidakmampuan tubuh untuk mengekskresikan tembaga ke dalam empedu sehingga terjadi penimbunan tembaga dalam hati otak dan sel darah merah. Terapi untuk penyakit Wilson terdiri atas diet rendah tembaga dan penggunaan penisilamin untuk mengikat tembaga serta mengekskreskannya ke dalam urin.

2.5. Deskripsi Mineral Zn

Fungsi metabolik mineral seng dapat dilihat dari tanda-tanda yang terjadi akibat defisiensi mineral seng, sebagai berikut :

1. Kecepatan pertumbuhan terlambat.
2. Anorexia.
3. Perkembangan karakteristik seks sekunder terlambat.
4. Pada unggas, daya tetas menurun.
5. Kelainan pada embrio.
6. Hyperkeratosis.
7. Ketidaknormalan tingkah laku kemampuan belajar.

Berbagai proses metabolik yang melibatkan enzim membutuhkan mineral seng dalam aktivitasnya. Mineral seng merupakan kofaktor dari 30 macam enzim. Enzim-enzim ini berperan dalam metabolisme, antara lain enzim yang diperlukan untuk sintesis DNA dan oleh karena itu diperlukan pula untuk memperbanyak sel-sel. Memperbanyak sel diperlukan untuk pertumbuhan sehingga fungsi mineral seng juga untuk mengatur kecepatan pertumbuhan.

Mineral seng ternyata penting untuk berfungsinya lebih dari 30 macam enzim-enzim metal (metalloenzymes). Selain itu mineral seng juga mempunyai fungsi yang tidak berkaitan dengan aktivitas enzim.

Mineral seng sebagai kofaktor beberapa Enzim berikut ini :

- ❖ *Carbonic anhydrase*; yang berperan penting dalam homeostatis asam basa pada organisme hidup.
- ❖ *Pancreatic carboxypeptidase*; yang mencerna peptide menjadi asam amino, sehingga dapat diserap tubuh. Tanpa mineral seng aktivitas enzim cepat hilang.
- ❖ *Aldolase*; memecah fruktosa 1,6 difosfat menjadi gliseraldehid 3 P dalam siklus glikolisis.
- ❖ *Dehydrogenase*; untuk proses oksidasi reduksi NADH dan NAD.
- ❖ *Phosphatase* ; merupakan enzim-enzim alkalifosfatase dari beberapa macam sumber dan tergolong pada enzim fosfomonoesterase,
- ❖ *Asam ribonuclease*; berperan penting dalam katabolisme RNA.
- ❖ *RNA polymerase*; Fungsi : polimerisasi ribonukleotida menjadi asam ribonukleat.

- ❖ *DNA polymerase* ; polimerisasi deoxyribonukleotida menjadi asam deoxyribonukleat
- ❖ *Thimidin kinase* ; fosforilasi deoxytimidin sebelum bergabung dengan DNA serta mengatur kecepatan limiting enzim dalam sintesis DNA.
- ❖ *Pyridoxyl phosphokinase* ; Fungsi : fosforilasi piridoksal menjadi bentuk koenzim.
- ❖ *Dipeptidase* ; Fungsi : memecah dipeptida menjadi bentuk asam amino bebas.
- ❖ *Phosphoglukomutase* ; Fungsi : mengubah glukosa 1P menjadi glukosa 6P.
- ❖ *Phospholipase C* ; berperan pada ikatan ester antara gliserol dan fosforilcholin.
- ❖ *Leucine aminopeptidase* ; salah satu enzim aminopeptidase pada mukosa usus.
- ❖ *Phosphomannose* ; Fungsi : isomerasi fruktosa 6P menjadi manosa 6P
- ❖ *Pyruvat carboxylase* ; Fungsi : karboksilasi asam piruvat menjadi oksaloasetat.
- ❖ *Ornitin carbamylase* ; proses kondensasi karbamilfosfat dengan ornitin untuk membentuk citruline yang merupakan bagian dari siklus urea.
- ❖ *Alpha amylase* ; mengkatalis gabungan antara karbamilfosfat dan asam aspartat untuk membentuk karbamilaspartat dan CTP.
- ❖ *Mercaptopyruvate sulfur transferase* ; proses desulfurisasi beta mercaptopyruvat untuk membentuk asam piruvat dalam proses katabolisme sistein.
- ❖ *Reverse Transcriptase*; mengkatalis polimerisasi DNA dengan menggunakan RNA sebagai sumber informasi genetic.
- ❖ *Protease* yang bersifat netral maupun basa : memecah protein

❖ *Collagenase* : berperan pada sintesis dan pembentukan kembali jaringan kolagen.

Selain itu mineral seng berfungsi bersama-sama mineral cadmium merangsang sintesis *thionein* dalam mucosa lambung. Protein ini tidak mempunyai kegiatan enzimatik tetapi dapat menurunkan kadar ion-ion bebas yang terdapat dalam sirkulasi. Sekitar 1-2% dari berat total metallothionin merupakan protein yang dapat larut yang berasal dari korteks ginjal.

III

BAHAN DAN METODE

3.1. Tahapan Percobaan

Percobaan dilakukan dalam dua tahap, yaitu :

- I. Studi pembuatan Zn-Cu Proteinat. Pada tahap ini diuji tiga jenis kapang (*Neurospora sp.*, *Saccharomyces cerevisiae* dan *Rhizopus oligosporus*) terhadap kemampuan mengikat Zn-Cu, melalui proses fermentasi.
- II. Uji in-vivo terhadap 16 ekor kelinci lokal yang ditempatkan dalam kandang individu. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan empat perlakuan ransum dan empat ulangan.

3.2. Ransum Perlakuan

Ransum yang digunakan pada percobaan ini adalah:

- R-0 = Ransum standar (60% konsentrat sapi perah + 10% bungkil kedele + 30% pucuk tebu).
- R-1 = Ransum standar + 4% Zn-Cu proteinat (bioproses *Neurospora sp.*)
- R-2 = Ransum standar + 4% Zn-Cu proteinat (bioproses *Rhizopus oligosporus*)
- R-3 = Ransum standar + 4% Zn-Cu proteinat (bioproses *Saccharomyces cerevisiae*)

3.3. Analisis Statistik

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan dilakukan analisis sidik ragam, dan untuk mengetahui perbedaan pengaruh antar perlakuan dilakukan uji kontras orthogonal.

Model matematika yang digunakan:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Keterangan :

Y_{ij} = respon perlakuan ke j

μ = rata-rata umum

α_i = efek perlakuan ke

ϵ_{ij} = galat percobaan perlakuan ke-I dan ulangan ke j.

3.4. Peubah yang Diamati

Peubah yang diamati adalah sebagai berikut:

1. Nilai hematokrit darah (%).
2. Kandungan hemoglobin darah (g/dl).
3. Jumlah sel darah merah ($\times 10^5$), dan
4. Jumlah sel darah putih ($\times 10^2$).

3.5. Prosedur Pembuatan Zn-Cu proteinat

Bahan dan Metode

- ❖ Bungkil kedele
- ❖ Beras
- ❖ Biakan *Neurospora sp.*, *Saccharomyces cerevisiae* dan *Rhizopus oligosporus*
- ❖ Mineral pengkayaan : Larutan $ZnCl_2$ 0,1 M; $CuSO_4$ 0,1 M

- ❖ Mineral standar (NH_4NO_3 0,5%; KCl 0,05%; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,05%; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,05% $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,001% dan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,0001% dalam 1000 ml akuades.
- ❖ Target produk mengandung 2000 ppm Zn dan 500 ppm Cu.

Formula : 100 g Substrat + 30,6 ml ZnCl_2 0,1M + 7,9 ml CuSO_4 0,1M
+ 151,5 larutan mineral standar.

IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengaruh Perlakuan terhadap Nilai Hematokrit

Nilai hematokrit adalah persentase sel darah dibandingkan dengan volume darah keseluruhan. Rataan nilai hematokrit dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Nilai Hematokrit Darah Kelinci dari Berbagai Perlakuan

Ulangan	Perlakuan			
	R-0	R-1	R-2	R-3
 (%)			
1	25,5	28,0	32,0	31,5
2	31,0	28,0	30,0	34,0
3	31,5	32,0	33,5	32,5
4	30,0	31,0	28,5	30,5
Jumlah	118,0	119,0	124,0	129,0
Rataan	30,0	30,0	31,0	32,0

Ket: R-0 = Ransum standar (60% konsentrat sapi perah + 10% bungkil kedele + 30% pucuk tebu).

R-1 = Ransum standar + 4% Zn-Cu proteinat (bioproses *Neurospora sp*)

R-2 = Ransum standar + 4% Zn-Cu proteinat (bioproses *Rhizopus oligosporus*)

R-3 = Ransum standar + 4% Zn-Cu proteinat (bioproses *Saccharomyces cerevisiae*)

(Bioproses : Bungkil kedele + Beras + Zn-Cu + inokulum).

Dari Tabel 2 di atas tampak bahwa nilai hematokrit darah tertinggi adalah pada perlakuan R-3 (bioproses *Saccharomyces cerevisiae*), kemudian berturut-turut adalah perlakuan R-2, R-1 dan R-0. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan, dilakukan analisis

statistik dengan sidik ragam Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa keempat perlakuan tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Hal ini menandakan bahwa perlakuan Zn-Cu proteinat hasil bioproses dengan mikroba yang diberikan pada kelinci selama percobaan belum mempengaruhi nilai hematokrit (dibandingkan ransum standar).

Apabila dilihat dari angka hematokrit yang diperoleh, perlakuan dengan bioproses oleh *Saccharomyces cerevisiae* menghasilkan nilai hematokrit tertinggi. Hasil ini menandakan bahwa volume sel darah (eritrosit dan leukosit) pada perlakuan R₃ lebih besar dibanding dengan perlakuan yang lainnya. Hal ini tidak terlepas dari peranan *Saccharomyces cerevisiae* dalam menyediakan mineral Zn dan Cu (dalam bentuk chelat) serta sejumlah mineral lainnya yang siap diabsorpsi oleh ternak dan mengandung vitamin B kompleks yang cukup banyak, serta sel aktifnya mempunyai materi absorbative yang kuat dalam dinding selnya sehingga dapat berperan sebagai *nutrient reservoir*. Adanya aktivitas *Saccharomyces cerevisiae* ini mempermudah absorpsi mineral Zn dan Cu yang mempunyai peranan besar dalam pembentukan sel darah.

Mineral Cu berperan dalam absorpsi zat besi. Tanpa ketersediaan Cu, zat besi (Fe) yang diasimilasi dan disimpan dalam hati tidak dapat dikonversikan ke dalam hemoglobin darah. Mineral Cu diangkut oleh albumin; dan terikat oleh seruloplasmin. Seruloplasmin adalah suatu protein utama yang mengandung mineral tembaga dan terdapat dalam plasma. Seruloplasmin mempunyai aktifitas sebagai enzim *ferritase* yang mampu mengubah zat besi dalam bentuk ferro dari dalam sel-sel dan dalam bentuk

simpan dengan transferrin dan akhirnya digunakan oleh sum-sum tulang untuk proses pembuatan eritrosit.

Mineral Zn merupakan kofaktor dari 30 macam enzim. Enzim-enzim ini berperan dalam metabolisme, antara lain enzim yang diperlukan untuk sintesis DNA dan oleh karena itu diperlukan pula untuk memperbanyak sel-sel. Perbanyak sel diperlukan untuk pertumbuhan sehingga fungsi mineral Zn juga untuk mengatur kecepatan pertumbuhan.

Terbukti bahwa perlakuan dengan bioproses *Saccharomyces cerevisiae* menghasilkan pertambahan berat badan kelinci tertinggi (20 g/e/h) dibanding perlakuan dengan bioproses *Neurospora sp.* (PBB = 17 g/e/h) dan bioproses *Rhizopus oligosporus* (PBB = 14 g/e/h). *Neurospora sp.* dan *Rhizopus oligosporus* merupakan jenis kapang yang umum digunakan pada proses fermentasi. Mineral yang terdapat dalam kapang (terikat pada protein dan karbohidrat) terikat lebih kuat, sehingga lebih sulit untuk diabsorpsi dalam saluran pencernaan (usus) kelinci dibanding dengan mineral yang terikat dalam ragi (*Saccharomyces cerevisiae*).

4.2. Pengaruh Perlakuan terhadap Hemoglobin Darah

Hemoglobin pada eritrosit vertebrata melakukan dua fungsi pengangkutan yang penting, yaitu : (1) pengangkutan O₂ dari organ respirasi ke jaringan perifer, dan (2) pengangkutan CO₂ dan berbagai proton dari jaringan perifer ke organ respirasi untuk selanjutnya diekskresikan keluar tubuh. Kadar hemoglobin darah kelinci dari masing-masing perlakuan ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kadar Hemoglobin Darah Kelinci dari Berbagai Perlakuan

Ulangan	Perlakuan			
	R-0	R-1	R-2	R-3
 (g/dl)			
1	10,0	10,8	11,2	12,2
2	12,2	11,0	11,6	12,0
3	11,0	13,4	11,6	11,4
4	10,6	10,6	10,4	11,2
Jumlah	44,0	46,0	45,0	47,0
Rataan	11,0	11,0	11,0	12,0

Ket: R-0 = Ransum standar (60% konsentrat sapi perah + 10% bungkil kedele + 30% pucuk tebu).

R-1 = Ransum standar + 4% Zn-Cu proteinat (bioproses *Neurospora sp*)

R-2 = Ransum standar + 4% Zn-Cu proteinat (bioproses *Rhizopus oligosporus*)

R-3 = Ransum standar + 4% Zn-Cu proteinat (bioproses *Saccharomyces cerevisiae*)

(Bioproses : Bungkil kedele + Beras + Zn-Cu + inokulum).

Tabel 3 memperlihatkan bahwa kadar hemoglobin tertinggi adalah pada perlakuan R-3 (bioproses *Saccharomyces cerevisiae*), kemudian berturut-turut adalah R-2, R1 dan R-0. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan, dilakukan analisis statistik dengan sidik ragam. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa keempat perlakuan tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Hal ini menandakan bahwa perlakuan Zn-Cu proteinat hasil bioproses dengan mikroba yang diberikan pada kelinci selama percobaan belum mempengaruhi kadar hemoglobin darah (dibandingkan ransum standar). Terlihat bahwa kadar hemoglobin dari masing-masing perlakuan hampir sama.

Apabila dilihat dari angka kadar hemoglobin yang diperoleh, perlakuan dengan bioproses oleh *Saccharomyces cerevisiae* menghasilkan kadar hemoglobin tertinggi. Hasil ini didukung oleh data (Tabel 2) bahwa volume sel darah merah (eritrosit) secara angka pada perlakuan R-3 yang lebih besar dibanding dengan perlakuan lainnya, menghasilkan kadar hemoglobin yang lebih besar pula. Hal ini tidak terlepas dari peranan *Saccharomyces cerevisiae* dalam menyediakan mineral Zn dan Cu yang siap untuk diabsorpsi dan masuk ke dalam aliran darah, serta sel aktifnya mempunyai materi absorbative yang kuat dalam dinding selnya sehingga dapat berperan sebagai *nutrient reservoir*.

Mineral Cu merupakan bagian dari sejumlah enzim, suatu substansi organik pada tubuh ternak antara lain enzim-enzim oksidase seperti Sitokrom C-oksidas dalam mitokondria suatu pusat energi dalam organel sel. Enzim tersebut berfungsi untuk mempertahankan aliran elektron-elektron guna mereduksi zat besi dalam bentuk ferri menjadi ferro dalam mitokondria yang selanjutnya digunakan sebagai zat untuk sintesa heme pada proses pembentukan hemoglobin.

Mineral Cu menerima dan memberikan electron, dan terlibat dalam reaksi yang meliputi dismutasi, hidroksilasi, serta oksigenasi. Sitokrom oksidase merupakan hemoprotein yang merupakan komponen terakhir yang bertanggungjawab dalam reaksi pemindahan elektron yang dihasilkan dari oksidasi mdekul substrat oleh dehidrogenase pada akseptornya yang terakhir yaitu oksigen. Sitokrom ini mengandung 2 molekul heme dimana dalam satu unit heme mengandung 2 atom Cu. Superoksida

dismutase, katalase, dan glutathion melindungi sel darah terhadap kerusakan serta stress oksidatif

Mineral Zn merupakan kofaktor dari 30 macam enzim, diantaranya adalah : (1) *Pancreatic carboxyde*; yang mempunyai fungsi dalam mencerna peptide menjadi asam amino, sehingga dapat diserap oleh tubuh. Tanpa mineral Zn, aktivitas enzim akan cepat hilang. (2) *Asam ribonuclease*; yang mempunyai berperan penting dalam katabolisme RNA. (3) *RNA polymerase*; yang berperan dalam polimerisasi ribonukleotida menjadi asam ribonukleat. (4) *DNA polymerase* ; yang berperan dalam polimerisasi deoxyribonukleotida menjadi asam deoxyribonukleat. (5) *Thimidin kinase* ; yang berperan dalam fosforilasi deoxytimidin sebelum bergabung dengan DNA serta mengatur kecepatan limiting enzim dalam sintesis DNA. (6) *Mercaptopyruvate sulfur transferase* ; yang berperan dalam proses desulfurisasi beta-mercaptopyruvat untuk membentuk asam piruvat dalam proses katabolisme sistein.

Kadar hemoglobin yang tinggi akan meningkatkan suplai oksigen ke jaringan, sehingga proses metabolisme di dalam jaringan akan berjalan optimal. Selain suplai oksigen ke jaringan, hemoglobin juga berfungsi dalam pengangkutan CO₂ dan berbagai proton dari jaringan perifer ke organ respirasi untuk selanjutnya diekskresikan keluar tubuh. Mekanisme ini akan mempercepat proses pembentukan jaringan, yang pada gilirannya akan meningkatkan pertumbuhan.

4.3. Pengaruh Perlakuan terhadap Jumlah Sel Darah Merah (Eritrosit)

Jumlah sel darah merah (eritrosit) kelinci dari masing-masing perlakuan ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengaruh Perlakuan terhadap Jumlah Sel Darah Merah

Ulangan	Perlakuan			
	R-0	R-1	R-2	R-3
 ($\Sigma X 10^5$)			
1	411	433	437	391
2	380	584	546	363
3	442	546	391	425
4	390	661	425	371
Jumlah	1623	2224	1799	1550
Rataan	406	556	450	388

Ket: R-0 = Ransum standar (60% konsentrat sapi perah + 10% bungkil kedele + 30% pucuk tebu).

R-1 = Ransum standar + 4% Zn-Cu proteinat (bioproses *Neurospora sp*)

R-2 = Ransum standar + 4% Zn-Cu proteinat (bioproses *Rhizopus oligosporus*)

R-3 = Ransum standar + 4% Zn-Cu proteinat (bioproses *Saccharomyces cerevisiae*)

(Bioproses : Bungkil kedele + Beras + Zn-Cu + inokulum).

Tabel 4 memperlihatkan bahwa jumlah eritrosit tertinggi adalah pada perlakuan R-1 (bioproses *Neurospora sp*), kemudian berturut-turut adalah R-2, R-0 dan R-3. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan, dilakukan analisis statistik dengan sidik ragam. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh yang nyata ($P < 0,05$) terhadap jumlah eritrosit. Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan, dilanjutkan dengan uji kontras orthogonal yang hasilnya dapat ditelaah pada Tabel 5.

Tabel 5. Uji Kontras Ortogonal Pengaruh Perlakuan terhadap Jumlah Sel Darah Merah

Perlakuan	Rataan ($\Sigma X 10^5$)	Signifikansi (0,05)
R-1	556	A
R-2	450	B
R-0	406	C
R-3	388	C

Hasil uji kontras orthogonal seperti tertera pada Tabel 5 di atas, menunjukkan bahwa perlakuan R-1 nyata lebih tinggi ($P < 0,05$) dibanding dengan perlakuan lainnya. Perlakuan R-2 nyata lebih tinggi ($P < 0,05$) dibanding dengan perlakuan R-0 maupun R3, sedangkan antara R-0 dengan R-3 tidak memperlihatkan perbedaan yang nyata.

Jumlah sel darah merah pada kelinci yang mendapat ransum perlakuan dengan bioproses *Neurospora sp* paling banyak dibandingkan perlakuan lainnya, sedangkan bioproses *Rhizopus oligosporus* lebih banyak dibanding dengan jumlah sel darah merah pada kelinci yang mendapat perlakuan dengan bioproses *Saccharomyces cerevisiae*.

Produksi sel darah merah diatur oleh glikoprotein yang disebut eritropoitin. Eritropoitin terutama disintesis oleh ginjal dan dilepaskan sebagai respon terhadap keadaan hipoksia ke dalam aliran darah dimana eritropoitin akan berjalan ke dalam sumsum tulang. Dalam sumsum tulang eritropoitin akan berinteraksi dengan progenitor sel darah merah (burst-forming unit-erythroid/BFU-E) lewat sebuah reseptor yang spesifik, dan menyebabkan progenitor tersebut berproliferasi dan berdiferensiasi. Disamping itu, eritropoitin dapat mengadakan interaksi dengan progenitor sel darah

merah berikutnya yang dinamakan CFU-E (colony-forming unit-erythroid) dan juga menyebabkan proliferasi dan diferensiasi. Untuk menghasilkan efek ini eritropoitin bekerjasama dengan sejumlah faktor lain (seperti interleukin-3 dan insulin ke growth hornon). Namun banyaknya eritrosit pada perlakuan R-1 maupun R-2 tidak diikuti dengan peningkatan jumlah hemoglobin dan nilai hematokrit (pembahasan pada point 4.1. dan 4.2.).

Dari hasil ini berarti pula bahwa eritrosit yang terbentuk akibat pengaruh perlakuan dengan bioproses *Neurospora sp* dan bioproses *Rhizopus oligosporus* lebih kecil ukurannya, dan ini menandakan jumlah hemoglobin pada satu sel eritrosit tersebut jumlahnya lebih sedikit. Hal ini menandakan bahwa mineral Zn dan Cu terikat kuat dalam *Neurospora sp* dan *Rhizopus oligosporus* sehingga sulit untuk diabsorpsi dan dilepaskan ke dalam darah. Akibatnya mineral tersebut di dalam darah relative sedikit, dan ini berdampak terhadap penurunan kadar hemoglobin. Hemoglobin yang rendah menyebabkan transfortasi oksigen ke jaringan menjadi lambat dan akan menghambat metabolisme zat-zat makanan dalam jaringan, sehingga akan berdampak terhadap lambatnya pertumbuhan.

Menurut Murray dkk (1997), dalam sel darah merah tidak terdapat organel intrasel seperti mitokondra, lisosom, ataupun apparatus golgi. Selain tu sel darah hewan sebagaimana manusia, tidak mempunyai inti. Dengan demikian di dalam sel darah merah tidak ada aktivitas pembentukan energi di mitokondria. Sintesis glikogen, asam lemak, protein, dan asam nukleat tidak terjadi dalam sel darah merah, hanya beberapa lipid (seperti kolesterol) dalam membrane sel darah merah dapat berganti dengan lipid

plasma yang sesuai. Sel darah merah sangat tergantung pada glukosa sebagai sumber energi; sehingga membrane sel darah merah mempunyai afinitas yang tinggi terhadap transporter (pengangkut) glukosa. Selain itu disebutkan bahwa *glutathion peroxidase*, sebagai bagian dari kerja meniadakan peroksida beracun, penting dalam metabolisme sel darah merah, yang dapat disintesis apabila ada NADH dalam sel, untuk keperluan tersebut besi Hb harus dipertahankan dalam keadaan ferro melalui peran mineral Cu

Jumlah eritrosit yang lebih banyak, tetapi kadar hemoglobin sedikit dikhawatirkan akan terjadi abnormalitas bentuk sel darah merah. Sebaliknya, jumlah eritrosit yang lebih sedikit, namun jumlah hemoglobin dan nilai hematokritnya lebih banyak, menandakan bahwa ukuran eritrosit tersebut lebih besar. Besarnya ukuran eritrosit akan lebih efisien dalam transportasi oksigen dan zat-zat makanan dari dan ke jaringan tubuh. Hal ini berkaitan erat dengan sebagian fungsi darah, yaitu: (1) Fungsi respirasi selular, alat pengangkut bermacam-macam substansi gas (O_2 dari paru-paru ke sel-sel tubuh, dan CO_2 ke luar tubuh), (2) Fungsi nutrisi, menghantarkan zat pakan dari saluran pencernaan ke sel-sel tubuh, (3) Fungsi ekskresi, menghantarkan sisa metabolisme atau zat-zat yang tidak dipakai ke organ ekskresi, (4) Fungsi mengatur tekanan osmotik, mengatur konsentrasi zat-zat terlarut (terutama protein) didalam darah agar tekanan osmotiknya normal, dan (5) Fungsi mengatur keseimbangan elektrolit/asam basa darah.

4.4. Pengaruh Perlakuan terhadap Jumlah Sel Darah Putih (Leukosit)

Jumlah sel darah putih (leukosit) kelinci dari masing-masing perlakuan ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengaruh Perlakuan terhadap Jumlah Sel Darah Putih

Ulangan	Perlakuan			
	R-0	R-1	R-2	R-3
 (($\Sigma X 10^2$))			
1	29	58	33	45
2	47	45	44	59
3	38	73	31	40
4	45	67	31	23
Jumlah	159	243	139	167
Rataan	40	61	35	42

Ket: R-0 = Ransum standar (60% konsentrat sapi perah + 10% bungkil kedele + 30% pucuk tebu).

R-1 = Ransum standar + 4% Zn-Cu proteinat (bioproses *Neurospora sp*)

R-2 = Ransum standar + 4% Zn-Cu proteinat (bioproses *Rhizopus oligosporus*)

R-3 = Ransum standar + 4% Zn-Cu proteinat (bioproses *Saccharomyces cerevisiae*)

(Bioproses : Bungkil kedele + Beras + Zn-Cu + inokulum).

Tabel 6 memperlihatkan bahwa jumlah leukosit tertinggi adalah pada perlakuan R-1 (bioproses *Neurospora sp*), kemudian berturut-turut adalah R-3, R-0 dan R-2. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan, dilakukan analisis statistik dengan sidik ragam. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh yang nyata ($P < 0,05$) terhadap jumlah leukosit. Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan, dilanjutkan dengan uji kontras orthogonal yang hasilnya dapat ditelaah pada Tabel 7.

Tabel 7. Uji Kontras Ortogonal Pengaruh Perlakuan terhadap Jumlah Sel Darah Putih

Perlakuan	Rataan	Signifikansi (0,05)
 ($\Sigma X 10^2$)	
R-1	61	A
R-3	42	B
R-0	40	B
R-2	35	B

Hasil uji kontras orthogonal seperti tertera pada Tabel 7 di atas, menunjukkan bahwa perlakuan R-1 nyata lebih tinggi ($P < 0,05$) dibanding dengan perlakuan lainnya. Adapun antar perlakuan R-3, R-0 dan R-2 tidak memperlihatkan adanya perbedaan yang nyata.

Jumlah sel darah putih pada kelinci yang mendapat ransum perlakuan dengan bioproses *Neurospora sp* lebih banyak dibanding dengan jumlah sel darah putih pada kelinci yang mendapat perlakuan dengan bioproses *Rhizopus oligosporus* dan bioproses *Saccharomyces cerevisiae*. Walaupun jumlah sel darah putihnya lebih banyak, namun ukuran selnya lebih kecil (pembahasan point 4.1.), sehingga aktivitas leukosit ini kurang optimal. Leukosit diperlukan apabila tubuh membutuhkannya. Hal ini sesuai dengan sebagian fungsi darah, yaitu: (1) Fungsi imunitas, menghantarkan leukosit, antibody dan zat protektif lain ke sel-sel yang membutuhkan, (2) Fungsi humoral, menghantarkan hormone dari kelenjar endokrin ke sel-sel yang membutuhkan, dan (3) Fungsi mengatur tekanan darah, dan menghindarkan pendarahan.

Peran kapang *Neurospora sp* dan *Rhizopus oligosporus* dalam mengikat mineral Zn dan Cu diduga lebih kuat sehingga mineral tersebut kurang bisa diserap dalam usus halus ternak monogastrik (kelinci). Mineral beserta substansi organik lain yang tidak terserap di usus halus kemudian masuk ke secum.

Kelinci merupakan hewan herbivore non ruminansia yang mempunyai system pencernaan monogastrik dengan perkembangan secum dan kolon seperti pencernaan ruminansia, sehingga kelinci efisien dalam memanfaatkan zat-zat makanan melalui adanya coprophagy. Kelinci mempunyai strategi dalam pencernannya, yaitu memisahkan komponen serat kasar ransum dalam sekum dan kemudian bahan ini akan difermentasikan oleh mikroba secum, dilanjutkan dengan pengeluaran yang cepat dari serat yang tidak dapat dicerna bersama feses keras. Bahan yang telah difermentasikan akan dikeluarkan berupa feses lunak dan langsung akan dikonsumsi lagi oleh kelinci untuk pencernaan ulang, melalui proses coprophagy.

Aktivitas kapang melalui bioproses *Neurospora sp* dan *Rhizopus oligosporus* terlihat dari jumlah bakteri dan protozoa dalam secum kelinci. Jumlah bakteri dan protozoa tertinggi adalah pada perlakuan dengan bioproses *Rhizopus oligosporus* (berturut-turut adalah 73×10^9 dan 144×10^5 /g/digesta) diikuti oleh *Saccharomyces cerevisiae* dan *Neurospora sp.* Mineral Zn dan Cu yang terikat oleh kapang dan terbawa ke dalam secum kemudian dimanfaatkan oleh mikroba dalam secum sebagai sumber mineral untuk pertumbuhannya. Namun efektivitas dari jumlah mikroba secum belum terlihat dampaknya pada performan.

V

KESIMPULAN

Dari hasil percobaan dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Perlakuan Zn-Cu proteinat hasil bioproses dengan mikroba yang diberikan pada kelinci selama percobaan belum mempengaruhi nilai hematokrit (dibandingkan ransum standar). Apabila dilihat dari angka hematokrit yang diperoleh, perlakuan dengan bioproses oleh *Saccharomyces cerevisiae* menghasilkan nilai hematokrit tertinggi (32%).
2. Perlakuan Zn-Cu proteinat hasil bioproses dengan mikroba yang diberikan pada kelinci selama percobaan belum mempengaruhi kadar hemoglobin darah (dibandingkan ransum standar). Apabila dilihat dari angka kadar hemoglobin yang diperoleh, perlakuan dengan bioproses oleh *Saccharomyces cerevisiae* menghasilkan kadar hemoglobin tertinggi (12 g/dl).
3. Jumlah sel darah merah (eritrosit) dan sel darah putih (leukosit) pada kelinci yang mendapat ransum perlakuan dengan bioproses *Neurospora sp* paling banyak dibanding perlakuan lainnya, namun ukuran selnya lebih kecil dibanding pada kelinci yang mendapat perlakuan dengan bioproses *Saccharomyces cerevisiae*.

DAFTAR PUSTAKA

- Bard, P. 1961. *Medical Physiology*. Eleventh edition.. The C.V. Mosby Co. Baltimore. Maryland.
- Murray, R.K. et. Al. 1997. *Biokimia Harper*. Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta.
- Penuntun Praktikum Fisiologi Ternak. Lab. Fisiologi dan Biokimia. Fakultas Peternakan. Universitas Padjadjaran, Jatinangor.
- Pilliang, W.G. 1997. *Nutrisi Mineral*. Edisi ke-2. PT Penerbit Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Riyanti. 2000. *Studi Efektifitas Mikroba Rumen Saccharomyces cerevisiae serta Kombinasinya di dalam Ransum terhadap Performan Ayam Broiler*. Tesis, Program Pascasarjana, Universitas Padjadjaran Bandung, Bandung.
- Shin, T.H. 1996. *Practical Uses of Yeast Culture (CYC-100) in Swine, Poultry, and Ruminant Rations*. Choong Ang Chemical Co. Ltd. Soul, Korea.