

Efek Suplementasi Minyak Lemuru dan ZnSO_4 pada Ransum yang Mengandung Silase Pod Kakao dan Urea terhadap Absorpsi Zn dan Pertumbuhan Sapi Jantan

(Effect of Lemuru Oil and ZnSO_4 Supplementation in the Diet Consisted of Cacao Pod Silage and Urea on Zinc Absorption and Growth of Bull Calves)

Erna Hartati*

Fakultas Peternakan, Jurusan Nutrisi dan Makanan Ternak, Universitas Nusa Cendana, Kupang
Jl. Adisucipto, Penfui, Kupang, 85001

ABSTRACT: An experiment conducted to study the effect on Zinc, prostaglandin- E_2 (PGE_2) concentration, alkaline phosphatase activities (APA) in the growth of bull calves fed cocoa pod silage diet supplemented with lemuru oil (LO) and ZnSO_4 . The animals were randomly assigned into three group of treatments, i.e.: supplementation of 0, 25, 50 and 75 mg kg^{-1} diet ZnSO_4 and 0, 1.5 and 3% kg^{-1} diet LO. Basal diet consisted of cocoa pod silage and concentrate consists of wheat bran, cassava waste, soya bean meal in the ratio 1:3 which contained 70% Total Digestible Nitrient (TDN) and 16% CP as prescribed by NRC (1988). The diet was the supplemented with 1% urea. LO and ZnSO_4 supplementation in the diet was significantly increased Zinc absorption ($P < 0.01$) as well as increased PGE_2 concentration ($P < 0.14$) in the growth of bull calves. Relationship of the rate of apparent Zinc Absorption (V_a , mg.d^{-1}) with the rate Zinc intake (V_i , mg.d^{-1}), PGE_2 concentration (mg.L^{-1}) and V_i interaction for the level of 0, 1.5 and 3% LO supplementation were: $V_a(0) = -5.69 + 0.976 V_i + 1.98 \text{PGE}_2 - 0.0855 V_i \text{PGE}_2$; $V_a(1.5) = -2.6 + 0.962 V_i - 14.3 \text{PGE}_2 + 0.435 V_i \text{PGE}_2$ and $V_a(3) = -5.69 + 1.03 V_i - 0.394 \text{PGE}_2 + 0.125 V_i \text{PGE}_2$. Level of LO supplementation was significantly linier increased ($P < 0.01$) in serum of APA. Relationships of Zinc absorption with APA for the level of 0, 1.5 and 3% LO supplementation was significantly ($P < 0.01$) increased by the following equations: $\text{APA}(0) = 3.90569 - 0.0204 V_a$; $\text{APA}(1.5) = 3.61119 - 0.0167 V_a$ and $\text{APA}(3) = 4.18421 - 0.0199 V_a$. The average daily gain of the animals (ADG, kg) could by state as $\text{ADG} = 0.603 + 0.00025 \text{Zn} + 0.00004 \text{Zn}^2 + 0.113 \text{LO} - 0.0275 \text{LO}^2 + 0.00002 \text{Zn LO} - 0.00001 \text{Zn}^2 \text{LO}^2$ ($R^2 = 0.653$; $S_b = 0.0926$). It can be concluded that supplementation of LO or ZnSO_4 in the diet can increased Zinc absorption in the growth of bull calves with their average daily gain was higher at 1.5% LO and 75 $\text{mg ZnSO}_4 \text{kg}^{-1}$ diet than other levels.

Key Words: Absorption, zinc, prostaglandin- E_2 , phosphatase alkaline, calves

Pendahuluan

Absorpsi Zn sangat menarik untuk dipelajari karena fungsi dan peranannya dalam tubuh sangat penting bagi semua jenis hewan yaitu terlibat dalam fungsi berbagai enzim yang ada hubungannya dengan metabolisme karbohidrat, energi, degradasi dan sintesis protein (Tillman *et al.*, 1983; Linder, 1992). Defisiensi seng dapat menurunkan laju pertumbuhan, efisiensi penggunaan pakan dan menekan aktivitas alkanin fosfatase plasma (McDowel, 1992). Sementara Noh dan Koo (2003) melaporkan bahwa status seng mempengaruhi metabolisme vitamin A pada ternak dan manusia. Rendahnya vitamin A plasma disebabkan oleh ketidakcukupan vitamin A karena hewan kekurangan seng (Underwood dan Suttle, 2001). Selanjutnya dilaporkan pula bahwa

karboksi peptidase A dan B merupakan metaloenzim seng yang dibutuhkan untuk hidrolisis asam amino dari peptide. Oleh karena itu, dalam usaha meningkatkan produksi sapi yang mengkonsumsi pakan berkualitas rendah, suplementasi nutrisi tertentu diperlukan untuk meningkatkan absorpsi Zn.

Pod kakao adalah salah satu sumber pakan serat alternatif yang cukup potensial, namun memiliki kualitas rendah yang tercermin dari rendahnya kandungan protein kasar, sebaliknya kandungan serat kasar dan lignin tinggi yaitu masing-masing berkisar antara 6,61 – 8,75%, 30,07 – 33,15% dan 20,11 – 27,95% (Amirroenas, 1990). Di samping itu kandungan lemak dan seng juga rendah yaitu 1,56% dan 20 mg.kg^{-1} (Hartati, 1998). Jumlah tersebut jauh lebih rendah dari kadar yang layak disediakan dalam ransum yaitu 3% lemak dan 40-50 mg Zn (NRC, 1988). Padahal Zn diperlukan untuk berbagai aktifitas enzim seperti aktifitas alkanin fosfatase dan

* Korespondensi penulis e-mail : e.hartati@yahoo.com

karboksi peptidase yang masing-masing berperan dalam metabolisme energi dan proses pencernaan serta penyerapan protein (Messer *et al.*, 197; Huber dan Gershoff, 1973), sementara lemak selain berfungsi sebagai sumber energi, karier vitamin B dan agensia defaunasi juga berperan sebagai prekursor prostaglandin- E_2 (Kinsella *et al.*, 1990) yang diduga berpengaruh terhadap absorpsi Zn. Untuk mengatasi defisiensi Zn perlu memperbaiki status Zn melalui peningkatan absorpsi Zn.

Absorpsi Zn selain oleh konsumsi Zn, juga diduga dipengaruhi oleh prostaglandin E_2 (PGE_2) yang produksinya sangat tergantung pada kecukupan asam arakhidonat ($C_{20:4n-6}$). Minyak lemuru (*Sardinella lemuru*) sebagai sumber asam lemak jenuh majemuk (*Poly Unsaturated Fatty Acid* = PUFA) mengandung asam arakhidonat cukup tinggi (21.95%). Asam lemak tersebut dapat digunakan sebagai prekursor PGE_2 yang dominan berperan dalam peningkatan absorpsi Zn. Selain itu minyak lemuru juga mengandung asam lemak rantai panjang $C_{20:5n-3}$ (Eicosa Pentaenoic Acid = EPA) dan $C_{22:6n-6}$ (Docosa Hexaenoic Acid = DHA). Asam lemak tersebut tidak mudah terhidrogenasi di dalam rumen dibandingkan dengan asam lemak berantai C_{18} (Ashes *et al.*, 1992). Oleh sebab itu selain suplementasi Zn, pada ransum mengandung pod cacao memerlukan suplementasi lemak dan salah satu sumbernya adalah minyak lemuru.

Tujuan penelitian adalah untuk memperbaiki status seng melalui suplementasi minyak lemuru dan $ZnSO_4$ pada pakan yang mengandung silase pod kakao dan urea untuk memacu pertumbuhan sapi Holstein jantan.

Metode Penelitian

Percobaan ini menggunakan sapi Holstein jantan umur 6-7 bulan berbobot 91 ± 11.7 kg. Ransum basal yang digunakan terdiri atas 25% silase pod kakao dan 75% konsentrat. Ransum tersebut mengandung 1% urea. Konsentrat disusun dari onggok, polar dan bungkil kedele, sehingga ransum mengandung *Total Digestible Nutrient* (TDN) 70% dan protein kasar (PK) 16% berdasarkan rekomendasi NRC (1988).

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok pola faktorial 4×3 . Faktor A adalah suplementasi Zn ($ZnSO_4$) sebanyak 0; 25; 50 dan 75 $mg \cdot kg^{-1}$ bahan kering dan faktor B adalah suplementasi minyak lemuru sebanyak 0; 1,5 dan 3,0% kg^{-1} bahan kering. Ternak dibagi menjadi 3

kelompok sebagai ulangan dan pengelompokannya didasarkan pada bobot badan. Konsentrat diberikan dua kali sehari, sedangkan pod cacao dan air minum disediakan sepanjang hari.

Peubah yang diukur adalah konsentrasi prostaglandin E_2 (Amersham's PGE_2 assay system Nomor kode RPA 530 dengan tracer ^{125}I), kadar Zn, aktivitas alkalin fosfatase dan pertambahan bobot badan sapi. Data yang diperoleh dianalisis dengan analisis ragam dan uji kontras dengan paket program SAS 608 Win.

Hasil dan Pembahasan

Suplementasi minyak lemuru dan $ZnSO_4$ tidak merubah konsentrasi Zn dalam serum dengan nilai rata-rata sebesar 1.00 ± 0.33 ppm, akan tetapi suplementasi minyak lemuru dapat merubah konsentrasi prostaglandin, absorpsi Zn dan aktifitas alkalin fosfatase (Tabel 1). Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa suplementasi minyak lemuru dapat meningkatkan konsentrasi prostaglandin E_2 (PGE_2) secara linier ($P < 0.05$). Hasil penelitian ini jelas terlihat bahwa ada hubungan antara suplementasi minyak lemuru dengan konsentrasi PGE_2 dan selanjutnya diduga berpengaruh terhadap absorpsi Zn. Untuk menduga pengaruh konsumsi Zn (V_i) terhadap absorpsi Zn (V_a), dilakukan pendekatan dengan model kinetika Hill. Untuk masing-masing suplementasi minyak lemuru 0; 1,5 dan 3,0% absorpsi Zn tersebut mengikuti persamaan : $V_a = 60 V_i^{2.04} / 1500 + V_i^{2.04}$, ($r^2 = 0.988$; $S_b = 0.0513$); $V_a = 75 V_i^{1.91} / 1200 + V_i^{1.91}$, ($r^2 = 0.995$; $S_b = 0.0297$) dan $V_a = 85 V_i^{1.75} / 862.3 + V_i^{1.75}$ ($r^2 = 0.995$; $S_b = 0.0274$).

Berdasarkan persamaan tersebut diperoleh bahwa absorpsi Zn pada sapi yang mengkonsumsi ransum tanpa minyak lemuru adalah paling rendah yaitu 69,8% dari jumlah yang dikonsumsi. Kemudian laju absorpsi tertinggi dicapai pada taraf suplementasi minyak lemuru 1,5% yaitu 78,8% dari jumlah yang dikonsumsi dengan rata-rata yang diabsorpsi 18,0 mg, sedangkan pada taraf 3,0% absorpsi mulai turun menjadi 78,1% dari jumlah yang dikonsumsi dengan rata-rata yang di absorpsi 16,7 mg. Nampak disini laju peningkatan absorpsi Zn tersebut mengikuti kurva sigmoid yaitu awalnya absorpsi meningkat perlahan, kemudian laju absorpsi meningkat tajam pada suplementasi minyak lemuru 1,5% dan pada suplementasi 3,0% laju absorpsi mulai melambat.

Tabel 1. Efek perlakuan terhadap konsentrasi prostaglandin E₂, absorpsi Zn dan aktivitas alkalin fosfatase

Suplementasi		Peubah yang diamati		
Minyak Lemuru (%)	ZnSO ₄ (mg.kg ⁻¹)	Konsentrasi PGE ₂ (pg.mL ⁻¹)	Absorpsi seng (mg.hari ⁻¹)	Aktivitas alkalin fosfatase (I μ .L ⁻¹)
0		145,60 ^b $\pm$ 91,90	102,20 ^b $\pm$ 20,10	94,90 ^b $\pm$ 11,70
1,5		256,20 ^a $\pm$ 154,40	120,60 ^a $\pm$ 35,30	108,00 ^b $\pm$ 29,50
3		254,60 ^a $\pm$ 253,00	119,50 ^{ab} $\pm$ 23,30	254,60 ^a $\pm$ 253,00
	0	142,50 ^a $\pm$ 50,90	34,54 ^d $\pm$ 15,90	142,50 ^a $\pm$ 50,90
	25	198,50 ^a $\pm$ 107,50	83,80 ^b $\pm$ 30,90	198,50 ^a $\pm$ 107,50
	50	310,00 ^a $\pm$ 263,70	135,80 ^c $\pm$ 41,20	310,00 ^a $\pm$ 263,70
	75	198,30 ^a $\pm$ 100,90	215,10 ^a $\pm$ 16,90	198,30 ^a $\pm$ 100,90

^{a,b,c,d} Superskrip yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan ada perbedaan pada $P < 0,05$

Keadaan ini mencerminkan bahwa ada faktor lain yang berpengaruh terhadap absorpsi Zn dan faktor lain tersebut kemungkinan prostaglandin E₂. Apabila diperhitungkan, maka terdapat interaksi antara konsumsi Zn dengan PGE₂ terhadap absorpsi Zn masing-masing untuk suplementasi 0,1,5 dan 3% mengikuti persamaan: $V_a(0) = -5.6882 + 0.97581 V_i + 1.9763 PGE_2 - 0.0855 V_i PGE_2$ ($R^2 = 0.9946$; $S_b = 0.96396$); $V_a(1.5) = -2.5965 + 0.96206 V_i - 14.318 PGE_2 + 0.43521 V_i PGE_2$ ($R^2 = 0.9996$; $S_b = 0.3057$) dan $V_a(3) = -5.1247 + 1.02673 V_i - 0.3937 PGE_2 + 0.12454 V_i PGE_2$ ($R^2 = 0.9987$; $S_b = 0.51014$).

Berdasarkan persamaan tersebut serta nilai keeratan hubungan antara konsumsi Zn dan PGE₂ terhadap absorpsi seng, maka dapat disimpulkan bahwa suplementasi minyak lemuru 1,5% memberikan pengaruh yang terbaik. Hasil penelitian ini sekaligus mempertegas hasil penelitian *in vitro* yang dikemukakan oleh Song dan Adham (1979) yaitu penambahan PGE₂ dapat meningkatkan absorpsi Zn sampai 54%.

Suplementasi minyak lemuru dapat pula menaikkan aktivitas enzim alkalin fosfatase. Kenaikan aktivitas enzim tersebut mengikuti pola linier ($P < 0.001$; $R_2 = 0.2739$) dengan persamaan: $Y = 93.30 + 11.73 X$; Y adalah aktivitas alkalin fosfatase (I μ .L⁻¹) dan X adalah taraf minyak lemuru (%.kg⁻¹ ransum). Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa suplementasi minyak lemuru sampai taraf 3% masih terus meningkatkan aktivitas alkalin fosfatase yang kemungkinan disebabkan oleh tingginya konsentrasi enzim tersebut di dalam sel. Hal itu terjadi selain karena kandungan Zn dalam ransum cukup, juga kandungan lemak sebagai sumber asam lemak esensial cukup memadai yang tercermin dalam komposisi asam lemak fosfolipid daging (Tabel 2). Selanjutnya dengan kecukupan Zn dan lemak, metabolisme asam lemak gamalinolenat dapat lebih

efektif. Asam lemak tersebut akan mengalami desaturase dan elongase rantai karbon membentuk arakhidonat dan selanjutnya terinkorporasi dalam fosfolipid atau digunakan sebagai prekursor PGE₂. Hormon tersebut kemudian meningkatkan absorpsi Zn (Song dan Adham, 1979) yang diperlukan sebagai kovaktor berbagai enzim antara lain alkalin fosfatase yang berperan dalam metabolisme energi dan mungkin karboksi peptidase yang berperan dalam pencernaan dan absorpsi protein.

Pengaruh absorpsi Zn (V_a) terhadap aktivitas alkalin fosfatase (AAF) untuk masing-masing taraf suplementasi minyak lemuru 0, 1,5 dan 3% sangat nyata ($P < 0,01$) dan aktivitas enzim tersebut dapat diduga dengan persamaan: $AAF = 3.90569 - 0.0204 V_a$ ($r^2 = 0.43396$; $S_b = 1.724663$); $AAF = 3.61119 - 0.0167 V_a$ ($r^2 = 0.51564$; $S_b = 1.26258$) dan $AAF = 4.18421 - 0.0199 V_a$ ($r^2 = 0.64984$; $S_b = 1.08218$).

Berdasarkan persamaan tersebut ternyata suplementasi minyak lemuru tidak menyebabkan perubahan aktivitas alkalin fosfatase, bahkan cenderung turun sejalan dengan peningkatan absorpsi Zn. Aktivitas alkalin fosfatase tertinggi terjadi pada absorpsi Zn terkecil dan kemungkinan hal ini pertanda baik, karena sebenarnya aktivitas alkalin fosfatase tersebut terjadi di dalam sel. Namun demikian aktivitas enzim alkalin fosfatase pada penelitian ini (73-153 I μ /L) masih dalam kisaran yang tidak berbeda jauh dengan hasil yang dilaporkan oleh peneliti sebelumnya yaitu 97-170 I μ /L (Girindra, 1987). Walaupun demikian perubahan absorpsi Zn tidak mustahil dapat mengubah aktivitas enzim pencernaan protein, sehingga absorpsi protein juga akan terpengaruh yang tercermin dari pertumbuhan sapi (Tabel 3).

Table 2. Efek suplementasi minyak Lemuru terhadap komposisi asam lemak fosfolipid daging

Komposisi asam lemak fosfolipid	Suplementasi minyak Lemuru %		
	0	1,5	3,0
C.18:0 (Stearat)	0,47	12,52	2,30
C.18:1 (Oleat) n-6	2,89	4,35	1,12.
C.18:2 n-6 (Linoleat)	9,62	14,52	6,81
C.18:3 n-3 (Linolenat)	1,17	1,71	0,69
C.20:4 n-6 (Arakhidonat)	1,59	1,62	1,49
C.20:5 n-3 (Eikosapentaenoat)/EPA	Td	2,57	0,27
C.22:6 n-3 (Dokosaheksaenoat)/DHA	Td	0,82	0,06

Td = tidak terdeteksi.

Tabel 3. Efek suplementasi minyak Lemuru terhadap pertambahan bobot badan harian (g.hari⁻¹)

Taraf ZnSO ₄ (mg.kg ⁻¹ diet)	Taraf minyak Lemuru %		
	0	1,5	3,0
0	490	750	750
25	740	760	650
50	740	760	790
75	790	1068	880

Perubahan tersebut memperlihatkan bahwa suplementasi minyak lemuru dan ZnSO₄ sangat berpengaruh terhadap pertambahan berat badan (PBB, kg.hari⁻¹), serta antara kedua faktor perlakuan tersebut saling berinteraksi dan nyata pada sengkadratik x minyak lemuru kaudratik ($P < 0.006$; $R^2 = 0.6532$). Berarti antara kedua faktor perlakuan terdapat hubungan yang cukup erat dengan pertambahan bobot sapi (PBS; kg.hari⁻¹) dan hubungan tersebut diduga dengan persamaan = $0.60298 + 0.00025 \text{ Zn} + 0.00004 \text{ Zn}^2 + 0.11290 \text{ ML} - 0.02749 \text{ ML} + 0.00002 \text{ Zn}^2 \text{ ML} - 0.00001 \text{ Zn}^2 \text{ ML}^2$; Zn adalah taraf seng (mg.kg⁻¹ ransum) dan ML adalah taraf ikan lemuru (%.kg⁻¹ ransum). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertambahan bobot badan yang tertinggi yaitu 1.068 kg.hari⁻¹ dicapai pada suplementasi minyak lemuru dan seng masing-masing pada taraf 1.5% dan 75 mg. Hal ini disebabkan karena absorpsi seng tertinggi dicapai pada taraf tersebut dan mungkin terjadi aktivitas karboksi peptidase tertinggi, sehingga terjadi proses pencernaan dan penyerapan protein secara optimal. Dugaan tersebut didukung oleh Sentana (2005) bahwa nilai retensi N dan nilai hayatinya meningkat pada ternak yang mendapat ransum yang kecukupan Zn, sehingga nitrogen yang digunakan meningkat dan berdampak pada pertumbuhan. Juga dipertegas pula oleh Hartati dkk. (2007) bahwa kecukupan Zn meningkatkan retensi N dan kadar alantoin urin yang

mencerminkan adanya penimbunan protein yang berdampak terhadap pertambahan berat badan sapi Bali pada akhir kebuntingan.

Kesimpulan

Suplementasi minyak lemuru dan seng ke dalam ransum yang mengandung silase pod kakao dan urea dapat meningkatkan konsentrasi PGE-2, absorpsi Zn dan aktivitas alkalin fosfatase. Perubahan tersebut menyebabkan perubahan pada pertumbuhan sapi jantan muda. Pada penelitian ini dihasilkan pertambahan bobot badan tertinggi 1.068 kg.hari⁻¹ dicapai pada sapi yang mendapat ransum basal dengan suplemen minyak lemuru dan seng pada taraf 1.5% dan 75 mg.kg⁻¹ ransum dan kenaikan tersebut 54% lebih tinggi dibandingkan dengan ransum tanpa suplemen.

Sebagai langkah awal dalam penelitian ini juga diperoleh hasil bahwa ruminansia dapat memproduksi fosfolipid daging yang mengandung asam lemak omega-3 berantai panjang yaitu EPA dan DHA yang perannya sangat penting untuk mengurangi resiko terserang sakit jantung koroner disamping dapat meningkatkan IQ bagi balita.

Daftar Pustaka

- Amiroenas, E. D., 1990. Mutu ransum berbentuk pelet dengan bahan serat biomasa pod coklat (*Theobroma cacao L*) untuk pertumbuhan sapi perah jantan. [Tesis]. Program Pascasarjana, IPB. Bogor.
- Ashes, J. R., B. D. Gulati, S. K. Cuthbertson and T. W. Scott, 1992. Incorporation of ω -3 fatty acid oil tissue and serum lipids of ruminants. *Lipids* 27: 629-631.
- Girindra, A., 1978. *Biokimia Patologi Hewan*. Institut Pertanian Bogor.
- Hartati, E., 1998. Suplementasi minyak lemuru dan seng ke dalam ransum yang mengandung silase pod kakao dan urea untuk memacu pertumbuhan sapi Holstein jantan. [Disertasi]. Program Pascasarjana. IPB. Bogor.
- Hartati, E., 2000. Suplementasi minyak lemuru dan seng ke dalam ransum yang mengandung silase pod kakao dan urea terhadap konsentrasi asetat dan propionate serta produksi metan. *Jurnal Ilmiah Nusa Cendana*. Edisi Ilmu Pengetahuan Alam. 1: 132-136.
- Hartati, E., N.G.F. Katipana dan A Saleh, 2007. Manfaat pakan padat gizi (PPG) yang mengandung minyak lemuru dan seng untuk perbaikan mutu foetus sapi Bali pada akhir kebuntingan. [Laporan Penelitian]. Fakultas Peternakan, UNDANA, Kupang (tidak dipublikasikan).
- Huber, A. M. and S. N. Gersshoff., 1973. Effect of dietary zinc. Zinc of zinc enzymes in the rat. *Journal of Nutrition* 103: 1175-1181.
- Kinsella, J. E., B. Lokesh and R. A. Stone., 1990. dietary n-3 polyunsaturated fatty acids and amelioration of cardiovascular disease. *Am. J. Clin. Nutr.* 52: 1-28.
- Linder, M. C., 1992. *Biokimia Nutrisi dan Metabolisme*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Mc Dowell, L.R., 1992. *Mineral in Animal and Human Nutrition*. Academic Press, Inc., London.
- Messer, H. H., Y. Shani and D. H. Copp, 1975. Stimulation ATP of alkaline fosfatase in placental membranes. *Biochim. Biophys. Acta*. 391: 61-66.
- [NRC] National Research Council., 1988. Nutrient of Dairy Cattle. 6th revised ed. National Academy Press, Washington.
- Noh, S.K. and S.I. Koo, 2003. Low zinc intake decreases the lymphatic output of retinol in the rat infused intraduodenally with Beta-carotene. *Journal of Nutrition and Biochemistry* 14: 147-153.
- Sentana, P., 2005. Perbaikan status nutrisi pada sapi Bali bunting dalam upaya meningkatkan bobot lahir dan pertumbuhan pedet prasapih sebagai penghasil daging bermutu. *Prosiding Seminar Nasional Peternakan*. 47-56.
- Song, M. K. and N. F. Adham, 1979. Edvidence for an important role of prostaglandins E₂ and F₂ in the regulation of zinc transport in the rat. *Journal of Nutrition* 109: 2152-2159.
- Tillman, A. D., H. Hartadi, S. Reksodiprodjo, S. Prawirokusumo dan S. Lebosoekojo, 1983. *Ilmu Makanan Ternak Dasar*. Gajah Mada University Press. Jogjakarta.
- Underwood , E.J. and N.F. Suttle, 2001. *The Mineral Nutrition of Livestock*. 3 rd ed. CAB Publishing. Wallingford.