

Suplementasi Fitase, Seng dan Tembaga dalam Ransum Sebagai Stimulan Pertumbuhan Ayam Broiler

H. Setiyatwan^a, W.G. Piliang^b, D.T.H. Sihombing^c, W. Manalu^d & A. Anang^e

^a Program Studi Ilmu Ternak, Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor
Jl. Agatis Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, email: setiyatwan@yahoo.co.id

^b Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor

^c Departemen Ilmu Produksi dan Teknologi Paternakan, Fakultas Peternakan,
Institut Pertanian Bogor

^d Bagian Fisiologi dan Farmakologi, Fakultas Kedokteran Hewan, Institut Pertanian Bogor

^e Program Studi Ilmu Peternakan, Fakultas Peternakan, Universitas Padjadjaran, Bandung
(Diterima 22-03-2007; disetujui 19-07-2007)

ABSTRACT

Zinc and Cu have important roles in growth and immune system, but their bioavailability are low due to the phytic acid content in poultry diet. This experiment was conducted in order to obtain the best combination of phytase, Zn, and Cu as growth stimulants for broiler fed diet containing phytic acid. Two hundred eighty eight Day Old Chicks unsexed were allocated into nine treatment diets with four replications (eight chicks in each replicate). The birds were raised up to 42 days old. Combination of the treatment diets were: R1 (positive control), R2 (negative control), R3 (R2 + 132.70 ppm ZnO), R4 (R2 + 286.16 ppm CuSO₄), R5 (R2 + 132.70 ppm ZnO + 286.16 ppm CuSO₄), R6 (R2 + phytase 1000 FTU/kg), R7 (R2 + phytase 1000 FTU/kg + 132.70 ppm ZnO), R8 (R2 + phytase 1000 FTU/kg + 286.16 ppm CuSO₄), R9 (R2 + phytase 1000 FTU/kg + 132.70 ppm ZnO + 286.16 ppm CuSO₄). The results of this research indicated that the phytase supplementation (1000 FTU/kg), ZnO (132.70 ppm), and CuSO₄ (286.16 ppm) in poultry diet 1) improved the body weight and feed conversion, but did not significantly influence the feed consumption, 2) increased serum Zn, and 3) increased the alkaline and phosphatase activity.

Key words: phytase, zinc, copper, broiler, growth stimulant

PENDAHULUAN

Mineral Zn dan Cu bekerja pada enzim-enzim yang terlibat dalam pertumbuhan dan sistem kekebalan tubuh, akan tetapi ketersediaan hayatinya bagi tubuh ternak dipengaruhi oleh kehadiran asam fitat dalam ransum (Piliang, 2000). Fitat pada pH netral membentuk kompleks dengan mineral-

mineral bervalensi dua, yaitu Cu²⁺, Zn²⁺, CO²⁺, Mn²⁺, Mg²⁺, Fe²⁺, dan Ca²⁺. Ikatan fitat-Zn dan fitat-Cu merupakan ikatan yang stabil dan tidak larut sehingga absorpsinya di dalam saluran pencernaan menurun (Piliang, 2000).

Mineral Zn dalam sistem biologis merupakan komponen *metaloenzym*, seperti *polimerase DNA*, *peptidase karboksi A dan B*, dan *alkalins*

fosfatase. Enzim tersebut berperan dalam *proliferasi* DNA yang selanjutnya berpengaruh pada sintesis protein, proses pencernaan protein, dan absorpsi asam amino, serta metabolisme energi (Larvor, 1983).

Mineral Cu berperan pada sintesis hemoglobin yang normal dan merupakan komponen *seruloplasmin*, *dismutase superoksida (SOD)*, *oksidase lysil*, dan *oksidase sitokrom*. *Seruloplasmin* berperan dalam penyerapan dan transpor Fe yang dibutuhkan untuk sintesis hemoglobin dan dapat berfungsi sebagai antioksidan serta agen pertahanan (Harmon & Torre, 1997).

Enzim fitase sebagai bahan pakan aditif mampu melepaskan ikatan fitat dengan Ca, Zn, Cu, dan Mn, serta meningkatkan relaksasi usus, dan absorpsi nutrisi (Traylor *et al.*, 2001). Mineral Zn dan Cu bersifat antagonis di dalam media *intestinal metallothionein*. Tembaga selalu kalah bersaing dalam berikatan dengan protein. Hal ini terjadi karena Zn mempunyai afinitas lebih tinggi untuk berikatan dengan histidin dan sistein, sedangkan Cu hanya berafinitas tinggi dengan histidin (Berdanier, 1998). Kandungan Cu yang tinggi dalam ransum akan menurunkan absorpsi Zn (Piliang, 2000) sehingga keseimbangan Zn dan Cu dalam ransum perlu diperhatikan.

Penelitian ini mengkaji peran Zn dan Cu dalam menggerakkan enzim pertumbuhan dan kekebalan tubuh, serta peran enzim fitase dalam meningkatkan ketersediaan hayati mineral. Kajian ini diharapkan dapat menentukan jumlah suplementasi enzim fitase, Zn, dan Cu ke dalam ransum guna mendapatkan tingkat pertumbuhan paling baik.

MATERI DAN METODE

Ayam broiler umur sehari (DOC) strain *Cobb* sebanyak 288 ekor (*unsexed*) dengan bobot hidup rata-rata 48,72 g dan koefisien variasi 7,96% digunakan dalam penelitian ini. Anak ayam ditempatkan secara acak ke dalam 36 unit kandang

yang terbuat dari bahan besi dan kawat, dan masing-masing unit berukuran 0,75 x 0,50 x 0,40 meter. Setiap unit kandang diisi dengan 8 ekor DOC. Pemanasan kandang dilakukan selama 2 minggu menggunakan lampu pijar berkekuatan 60 watt yang dipasang pada tiap petak kandang. Setelah periode tersebut dua lampu pijar digunakan sebagai alat penerangan malam hari di kandang utama. Susunan ransum kontrol penelitian dicantumkan pada Tabel 1 dan komposisi nutrisi pada Tabel 2.

Ransum penelitian terdiri atas: R1 (Kontrol positif), R2 (Kontrol negatif), R3 (R2 + 132,70 ppm ZnO), R4 (R2 + 286,16 ppm CuSO₄), R5 (R2 + 132,70 ppm ZnO + 286,16 ppm CuSO₄), R6 (R2 + fitase 1000 FTU/kg), R7 (R2 + fitase 1000 FTU/kg + 132,70 ppm ZnO), R8 (R2 + fitase 1000 FTU/kg + 286,16 ppm CuSO₄), dan R9 (R2 + fitase 1000 FTU/kg + 132,70 ppm ZnO + 286,16 ppm CuSO₄). Ransum kontrol terdiri atas kontrol positif dan kontrol negatif sesuai dengan rekomendasi BASF & DSM (2002). Tiap perlakuan diulang sebanyak empat kali. Ransum

Tabel 1. Bahan pakan penyusun ransum penelitian (%)

Bahan pakan	Kontrol positif	Kontrol negatif
Dedak padi	50,00	50,00
Tepung ikan	15,14	15,14
Jagung	15,00	15,00
Bungkil kedelai	13,00	13,00
Minyak CPO	5,50	4,20
Premiks	0,30	0,30
CaCO ₃	0,96	2,26
Garam	0,10	0,10

Keterangan:

kontrol positif: ransum kontrol dengan kandungan energi sebesar 3100 Kkal/kg dan PK sebesar 21,60%; kontrol negatif: ransum kontrol dengan kandungan energi sebesar 3000 Kkal/kg dan PK sebesar 21,60%.

Tabel 2. Komposisi nutrisi ransum kontrol penelitian berdasarkan perhitungan

Nutrien	Kontrol positif	Kontrol negatif
EM (Kkal/Kg)	3100,00	3000,00
PK (%)	21,60	21,60
SK (%)	7,60	7,60
Ca (%)	1,23	1,75
P total (%)	1,31	1,31
P tersedia (%)	0,16	0,16
Na (%)	1,27	1,27
Cl (%)	0,14	0,14
Lisin (%)	1,18	1,18
Metionin (%)	0,39	0,39
Met + Sist (%)	1,19	1,19
Cu (mg/kg)	11,62	11,62
Fe (mg/kg)	17,80	17,80
Mn (mg/kg)	14,03	14,03
Zn (mg/kg)	45,50	45,50
Asam fitat (%)	3,80	3,80
Molar rasio	83,00	91,39
Asam fitat : Zn		

Keterangan:

kontrol positif: ransum kontrol dengan kandungan energi sebesar 3100 Kkal/kg dan PK sebesar 21,60%; kontrol negatif: ransum kontrol dengan kandungan energi sebesar 3000 Kkal/kg dan PK sebesar 21,60%.

diberikan dalam bentuk *mash* dan air minum diberikan *ad libitum*.

Peubah yang diukur adalah: konsumsi ransum, penambahan bobot badan, konversi ransum, kadar Zn dan Cu serum, dan jumlah yang diekskresikan dalam feses serta aktivitas enzim alkalin fosfatase dalam serum. Kandungan Zn dan Cu dianalisis dengan menggunakan *atomic absorption spectrophotometer* (AAS). Analisis dilakukan di Laboratorium Kimia, Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan IPB Bogor. Pengukuran aktivitas alkalin fosfatase (ALP) dilakukan berdasarkan IFCC (*International Federation of Clinical Chemistry*) (Stauffer, 1989) yang dilakukan di Laboratorium

Prodia. Data yang diperoleh dianalisa dengan sidik ragam kemudian dilanjutkan dengan uji Duncan dan uji korelasi (Steel & Torrie, 1980).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penampilan Ayam Broiler Selama Pemeliharaan 42 Hari

Hasil percobaan menunjukkan bahwa konsumsi ransum ayam broiler yang diberi ransum kontrol positif, kontrol negatif, suplementasi enzim fitase 1000 FTU/kg, ZnO 132,70 ppm, CuSO₄ 286,16 ppm, dan kombinasinya ke dalam ransum tidak berbeda nyata. Rataan pertambahan bobot badan ayam yang diberi ransum yang disuplementasi hanya fitase, dan kombinasi fitase, ZnO dan CuSO₄ nyata (P<0,05) lebih tinggi dari yang mendapat suplementasi hanya ZnO, CuSO₄ atau kombinasinya. Rataan pertambahan bobot badan ayam yang mendapat ransum yang disuplementasi hanya fitase, dan suplementasi kombinasi fitase 1000 FTU/kg, ZnO 132,70 ppm, dan CuSO₄ 286,16 ppm tidak berbeda nyata. Nilai konversi ransum ayam broiler yang diberi ransum suplementasi kombinasi fitase 1000 FTU/kg, ZnO 132,70 ppm, dan CuSO₄ 286,16 ppm nyata (P<0,05) lebih baik dari pada perlakuan lainnya (Tabel 3).

Konsumsi ransum antar perlakuan tidak berbeda nyata. Kepadatan ransum antara 0,48-0,5 g/cm³ dan perbedaan kandungan energi sebanyak 100 kkal/kg antara kontrol positif dan negatif tidak mempengaruhi konsumsi ransum. Suplementasi fitase dan mineral tidak mempengaruhi konsumsi. Penelitian terdahulu menyatakan bahwa suplementasi kombinasi fitase dan ZnO tidak mempengaruhi konsumsi ransum ayam petelur (Sumiati & Piliang, 2005). Hal ini berarti fitase mampu meningkatkan efisiensi penggunaan energi. Fitase di dalam saluran pencernaan meningkatkan ketersediaan fosfor bagi kebutuhan biologis ternak. Fosfor mempunyai

Tabel 3. Rataan konsumsi ransum, penambahan bobot badan, dan konversi ransum ayam broiler yang dipelihara dari umur 1-42 hari

Peubah	Ransum perlakuan								
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
Konsumsi (kg/ekor/42 hari)	3,17 ±0,08	3,18 ±0,09	3,33 ±0,31	3,13 ±0,32	3,10 ±0,17	3,20 ±0,13	3,29 ±0,09	3,14 ±0,23	3,10 ±0,10
Pertambahan bobot badan (kg/ekor/42 hari)	1,48 ±0,06 ^g	1,47 ±0,10 ^h	1,52 ±0,19 ^e	1,55 ±0,14 ^c	1,51 ±0,08 ^f	1,65 ±0,13 ^a	1,56 ±0,14 ^b	1,53 ±0,12 ^d	1,81 ±0,24 ^a
Konversi ransum	2,14 ±0,13 ^c	2,15 ±0,13 ^c	2,19 ±0,12 ^c	2,01 ±0,12 ^c	2,06 ±0,05 ^c	1,95 ±0,09 ^b	2,12 ±0,14 ^c	2,02 ±0,21 ^c	1,73 ±0,20 ^a

Keterangan: Superskrip berbeda pada baris yang sama menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$);

peran dalam metabolisme karbohidrat. Peningkatan metabolisme karbohidrat menyebabkan ternak cepat merasa kenyang sehingga aktivitas konsumsi terhenti.

Suplementasi fitase meningkatkan penambahan bobot badan. Hal demikian disebabkan karena hidrolisis asam fitat oleh enzim fitase meningkatkan ketersediaan nutrisi, ketersediaan mineral, protein, asam amino, dan kompleks ion kofaktor enzim yang dibutuhkan untuk aktivitas enzim. Beberapa hasil penelitian sebelumnya menyatakan bahwa suplementasi fitase 500 unit fitase/kg ransum meningkatkan ketersediaan asam amino terutama metionin pada ayam broiler (Rutherford *et al.*, 2004). Kecernaan asam amino meningkat secara linier sesuai dengan penambahan enzim fitase pada semua tingkat protein ransum ayam broiler (Kornegay *et al.*, 1998). Fitase meningkatkan ketersediaan metionin, treonin, lisin, dan valin (Biehl & Baker, 1997). Asam-asam amino berperan sebagai penyusun jaringan tubuh dan berperan pada pertumbuhan. Peningkatan ketersediaan asam amino inilah yang meningkatkan pertumbuhan dan bobot badan akhir menjadi besar.

Suplementasi kombinasi fitase, ZnO, dan CuSO_4 menghasilkan proses homeostasis mineral melalui proses pengaturan absorpsi dan ekskresi Zn dan Cu intestinal. Mineral Zn dan Cu berbagi channels untuk diabsorpsi sehingga ketersediaan Zn dan Cu bagi tubuh ternak sesuai dengan kebutuhan. Hal demikian meningkatkan

ketersediaan beberapa asam amino lainnya sebagai akibat ikatan *metallothionein* sehingga diduga lebih lengkap dalam mencukupi kebutuhan asam amino. Ketersediaan Zn memperbaiki metabolisme karbohidrat, sintesis protein, dan metabolisme asam nukleat. Ketersediaan Cu memperbaiki sistem kekebalan tubuh (Piliang, 2000). Hal demikian disebabkan adanya peningkatan aktivitas enzim alkalin fosfatase dalam serum sehingga penambahan bobot badan menjadi lebih besar dan memperbaiki nilai konversi ransum. Peningkatan ketersediaan Zn dan Cu bagi kebutuhan biologis ternak inilah yang meningkatkan pertumbuhan ayam broiler.

Ayam broiler yang mendapat suplementasi kombinasi fitase 1000 FTU/kg, ZnO 132,70 ppm, CuSO_4 286,16 ppm memiliki nilai konversi ransum paling baik. Hal demikian disebabkan karena ayam tersebut memiliki rataan penambahan bobot badan paling tinggi pada tingkat konsumsi yang sama jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

Kandungan Mineral Feses

Suplementasi hanya ZnO; kombinasi ZnO dan CuSO_4 ; dan fitase dan ZnO nyata ($P < 0,05$) meningkatkan kandungan Zn dalam feses. Suplementasi hanya CuSO_4 ; kombinasi ZnO dan CuSO_4 ; fitase dan CuSO_4 ; dan fitase, ZnO dan CuSO_4 nyata ($P < 0,05$) meningkatkan kandungan Cu dalam feses (Tabel 4).

Peningkatan ekskresi Zn pada suplementasi ZnO dan peningkatan Cu pada suplementasi

Tabel 4. Rataan kandungan mineral Zn dan Cu dalam feses ayam broiler yang dipelihara dari umur 1-42 hari

Mineral	Ransum perlakuan								
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
Zn	4,57±0,84 ^b	4,61±1,32 ^b	7,27±0,61 ^a	4,42±0,91 ^b	7,17±0,79 ^a	3,94±0,17 ^b	6,29±1,65 ^a	4,28±0,23 ^b	4,65±0,34 ^b
Cu	1,21±0,10 ^b	1,18±0,05 ^b	1,36±0,15 ^b	2,75±0,16 ^a	2,60±0,36 ^a	1,07±0,09 ^b	1,13±0,12 ^b	2,59±0,34 ^a	2,87±0,40 ^a

Keterangan: Superskrip berbeda pada baris yang sama menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$);

CuSO₄ disebabkan karena penyerapan Zn dalam bentuk ZnO menurun dengan meningkatnya ketersediaan Zn dalam saluran pencernaan, demikian halnya Cu dalam bentuk CuSO₄. Kedua bentuk mineral tersebut memiliki daya larut tinggi, penurunan ketersediaan kedua mineral tersebut menggambarkan bahwa kebutuhan ayam akan mineral Zn dan Cu sudah terpenuhi pada tingkat suplementasi 132,70 ppm ZnO dan 286,16 ppm CuSO₄. Hal tersebut juga menggambarkan adanya kemampuan maksimum absorpsi dinding saluran pencernaan terhadap Zn dan Cu. Ekskresi Zn dan Cu melalui feses meningkat secara linier sejalan dengan peningkatan taraf Zn dan Cu ransum (Kim & Patterson, 2004). Hal ini berarti bahwa suplementasi 132,70 ppm ZnO dan 286,16 ppm CuSO₄ telah melebihi kebutuhan.

Ekskresi Cu meningkat pada suplementasi kombinasi fitase, ZnO, dan CuSO₄. Hal ini menggambarkan adanya interaksi antagonis antara Zn dan Cu di dalam saluran pencernaan akibat suplementasi fitase. Fitase mampu melepaskan ikatan fitat dengan mineral, energi, dan asam-asam amino. Mineral Zn dan Cu diserap melalui dinding usus atas bantuan *ligand chelate*. Zat pengikat yang membantu proses absorpsi adalah asam amino (Groff & Gropper, 2000). Persaingan antara Zn dan Cu untuk berikatan dengan asam amino terjadi di dalam media *intestinal metallothionein*. Cu selalu kalah bersaing untuk berikatan dengan protein sehingga ekskresi Cu meningkat (Berdanier, 1998). Hal ini memberi gambaran bahwa suplementasi fitase 1000 FTU/kg ke dalam ransum

yang mengandung ZnO dan CuSO₄ meningkatkan absorpsi Zn.

Kandungan Zn, Cu, dan Aktivitas Alkalin Fosfatase dalam Serum

Suplementasi kombinasi fitase, ZnO, dan CuSO₄ nyata ($P < 0,05$) meningkatkan kandungan Zn dan aktivitas alkalin fosfatase di dalam serum. Suplementasi kombinasi fitase dan CuSO₄ nyata ($P < 0,05$) meningkatkan kandungan Cu dalam serum (Tabel 5).

Peningkatan kandungan Zn serum dan aktivitas alkalin fosfatase akibat suplementasi kombinasi fitase, ZnO, dan CuSO₄ memberi gambaran adanya keserasian kerja antara fitase dan Zn. Fitase meningkatkan absorpsi Zn, kehadiran Zn dan Cu asal ransum tidak menghambat aktivitas fitase. Fitase memberikan aksi pada pelepasan ikatan *myoinositol 1,2,3,4,5,6-hexakis dihydrogen fosfate* sehingga ikatan fitat dengan fosfor, mineral bervalensi dua, dan asam-asam amino terlepas. Zn dan Cu bersaing untuk menempati posisi pada protein, Zn memiliki afinitas lebih tinggi dibandingkan dengan Cu sehingga lebih banyak Zn yang bisa diserap. Hal ini menggambarkan bahwa terjadi interaksi antagonis antara Zn dan Cu untuk diabsorpsi akibat suplementasi fitase. Peningkatan kandungan Zn serum meningkatkan aktivitas Alkalin fosfatase. Hal ini menggambarkan bahwa aktivitas alkalin fosfatase dipengaruhi kandungan Zn di dalam serum. Penelitian terdahulu menyatakan bahwa alkalin

Tabel 5. Rataan kandungan mineral Zn, Cu, dan aktivitas Alkalin fosfatase dalam serum ayam broiler yang dipelihara dari umur 1-42 hari

Mineral	Ransum perlakuan								
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
Zn (μ gram/dl)	79,39 \pm 0,18 ^f	79,14 \pm 0,57 ^f	47,67 \pm 0,31 ^h	100,6 \pm 0,14 ^c	81,5 \pm 0,28 ^e	103,4 \pm 0,33 ^b	65,45 \pm 0,26 ^g	90,52 \pm 0,30 ^d	106,6 \pm 0,36 ^a
Cu (μ gram/dl)	91,50 \pm 0,09 ^g	76,52 \pm 0,07 ⁱ	84,51 \pm 0,06 ^h	98,63 \pm 0,25 ^f	113,5 \pm 0,08 ^e	128,5 \pm 0,06 ^e	136,5 \pm 0,07 ^b	143,5 \pm 0,20 ^a	121,5 \pm 0,07 ^d
Alp (U/L)	206,4 \pm 0,41 ^f	204,3 \pm 0,28 ^g	184,4 \pm 0,45 ⁱ	230,1 \pm 0,65 ^d	210,4 \pm 0,47 ^c	240,6 \pm 0,23 ^e	189,3 \pm 0,23 ^h	256,7 \pm 0,12 ^b	270,2 \pm 0,14 ^a

Keterangan: Superskrip berbeda pada baris yang sama menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$).

fosfatase membutuhkan Zn untuk strukturnya serta memerlukan Zn^{2+} dan Mg^{2+} untuk aktivitasnya (Metzler, 1977). Hal ini memberi gambaran bahwa suplementasi kombinasi fitase 1000 FTU/kg, ZnO 132,70 ppm, dan $CuSO_4$ 286,16 ppm meningkatkan kandungan Zn dalam serum yang diikuti dengan peningkatan aktivitas alkalin fosfatase.

Korelasi antara Mineral Ransum dan Mineral Feses, Serum, dan Aktivitas Alkalin Fosfatase

Dugaan korelasi antara mineral dalam ransum, feses, serum, dan aktivitas enzim alkalin fosfatase disajikan pada Tabel 6. Uji korelasi membuktikan bahwa suplementasi hanya ZnO menurunkan ketersediaan Zn dan aktivitas alkalin fosfatase. Suplementasi hanya $CuSO_4$

Tabel 6. Korelasi antara mineral dalam ransum dan mineral dalam feses, serum, dan aktivitas enzim alkalin fosfatase

Korelasi	
Zn ransum x Cu feses	0,12
Zn ransum x Zn feses	0,69
Zn ransum x Zn serum	-0,43
Zn ransum x enzim alkalin fosfatase	-0,27
Cu ransum x Cu feses	0,95
Cu ransum x Cu serum	0,36

meningkatkan ekskresi feses. Hal ini memberi gambaran bahwa Zn atau Cu tidak efektif diberikan masing-masing tanpa kombinasi.

KESIMPULAN

Suplementasi enzim fitase sebanyak 1000 FTU/kg, ZnO 132,70 ppm, dan $CuSO_4$ 286,16 ppm ke dalam ransum merupakan perlakuan terbaik. Pada perlakuan ini terjadi peningkatan absorpsi Zn. Sebagian besar Zn yang diabsorpsi digunakan untuk meningkatkan aktivitas alkalin fosfatase. Peningkatan aktivitas alkalin fosfatase memberikan dampak positif pada perbaikan penampilan ayam broiler.

DAFTAR PUSTAKA

- BASF & DSM.** 2002. The Natural Key to Higher Yields. BASF, Ludwigshafen, Germany.
- Berdanier, C.D.** 1998. Advanced Nutrition Microelement. CRC Press, Boca Raton, Boston, London, New York, Washington DC. p.143-150 ; 194-207.
- Biehl, R.R. & D.H. Baker.** 1997. Microbial phytase improves amino acid utilization in young chicks fed diets based on soybean meal but not diets based on peanut meal. *Poult. Sci.* 76:355-360.
- Groff, J.L. & S.S. Gropper.** 2000. Advanced Nutrition and Human Metabolism. Ed ke-3. Wadsworth Thomson Learning, USA.
- Harmon, R.J. & P.M. Torre.** 1997. Economic Implication of Copper and Zinc Proteinates : Role in Mastitis Control. In: T.P. Lyon, K.A.

- Jacques (Eds). *Biotechnology in The Feed Industry*. Nottingham University Pr. p. 419-430.
- Kim, W.K. & P.H. Patterson.** 2004. Effects of dietary zinc supplementation on broiler performance and nitrogen loss from manure. *Poult.Sci.* 83:34-38.
- Kornegay, E.T., D.M. Denbow, Z. Yi & V. Ravindran.** 1998. Response of broiler to graded levels of natuphos phytase added to corn-soybean meal-based diets containing three levels of non phytate phosphorus. *Brit. J. Nutr.* 75:839-852.
- Larvor, P.** 1983. The Pools of Celluler Nutrients: Mineral. In: P.M. Riss (ed). *Dynamic Biochemistry of Animal Production*. Elsevier: Amsterdam.
- Metzler, D.E.** 1977. *Biochemistry : The chemical reactions of living cells*. London : Academic Press, Inc.
- Piliang, W.G.** 2000. *Nutrisi Mineral*. Edisi ke 3. Bogor: PAU Ilmu Hayat IPB .
- Rutherford, S.M., T.K. Chung, P.C.H. Morel & Moughan.** 2004. Effect of microbial phytase on ileal digestibility of phytate phosphorus, total phosphorus, and amino acids in a low-phosphorus diet for broiler. *Brit. Poult. Sci.* 43: 598-606.
- Stauffer.** 1989. *Metode pengukuran aktivitas alkalin fosfatase*. Petunjuk laboratorium. Laboratorium klinik Prodia, Jakarta.
- Steel, R.D.G. & J.H. Torrie.** 1980. *Principles and Procedures of Statistics, a Biometrical Approach*. International Student Ed. McGraw-Hill. Kokusha Limited, Tokyo.
- Sumiati & W.G. Piliang.** 2005. Increasing laying performances and egg vitamin A content through zinc oxide and phytase enzyme supplementation. *Med Pet* 28:130-135.
- Traylor, S.L., G.L. Cromwell, M.D. Lindermann & D.A. Kuabe.** 2001. Effects of levels of supplemental phytase on ileal digestibility of amino acid, calcium and phosphorus in dehulled soybean meal for growing pigs. *J. Anim. Sci.* 79:2634-2642.