

Respon Pertumbuhan Ayam Lokal Sentul G-3 terhadap Ransum Berkadar Dedak Tinggi yang Diberi Suplementasi Fitase dan ZnO

Hidayat C^{1,3}, Sumiati², Iskandar S³

¹Program Studi Ilmu Nutrisi dan Pakan, Sekolah Pascasarjana IPB

²Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor
Jl. Agatis Kampus IPB Darmaga, Fakultas Peternakan, IPB Bogor 16680

³Balai Penelitian Ternak, PO Box 221, Bogor 16002

E-mail: hidayat_c2p@yahoo.com

(Diterima 11 Juni 2014 ; disetujui 23 September 2014)

ABSTRACT

Hidayat C, Sumiati, Iskandar S. 2014. Growth responses of native chicken Sentul G-3 on diet containing high rice-bran supplemented with phytase enzyme and ZnO. *JITV* 19(3): 193-202. DOI: <http://dx.doi.org/10.14334/jitv.v19i3.1082>

This study was conducted to determine the effect of phytase enzymes and ZnO supplementation on the performance of native chicken Sentul G-3 fed high rice-bran diet. Two hundred and seventy day old chicks (DOC) native chicken Sentul G-3 from three different hatcheries were used in this study. Factorial randomized block design (3 x 3) was applied in this study. The first factor was the enzyme phytase supplementation levels (0; 1000; 2000 U/kg), the second factor was the level of supplementation of ZnO (0; 1.5; 3.2 g/kg), so that there are nine treatment given, namely R1 = 50% commercial diet : 50% rice bran; R2 = R1 + 1.5 g ZnO/kg; R3 = R1 + 3.2 g ZnO/kg; R4 = R1 + phytase enzyme 1000 U/kg; R5 = R1 + (phytase enzyme 1000 U/kg + 1.5 g ZnO/kg); R6 = R1 + (phytase enzyme 1000 U/kg + 3.2 g ZnO/kg); R7 = R1 + phytase enzyme 2000 U/kg; R8 = R1 + (phytase enzyme 2000 U/kg + 1.5 g ZnO/kg); R9 = R1 + (phytase enzyme 2000 U/kg + 3.2 g ZnO/kg). Each experimental unit consisted of 6 head unsexed native chicken Sentul G-3. The experimental diet was fed for 10 weeks. The variables measured were body weight, body weight gain, feed intake, feed conversion ratio, mortality, mineral deposition of Ca, P, Zn in the tibia bone, alkaline phosphatase enzyme activity in serum. Results showed that there was significant interaction ($P < 0.05$) between phytase enzyme and ZnO supplementation on body weight, body weight gain, feed conversion, zinc deposition in the tibia bone. There was no significant interaction ($P > 0.05$) between phytase enzyme and ZnO supplementation on feed intake, mortality, alkaline phosphatase enzyme activity in serum, and deposition of calcium and phosphorus in the tibia bone. It was concluded that supplementation of phytase enzyme and ZnO were not able to increase the growth of native chicken Sentul G-3 on fed diet containing high rice bran.

Key Words: Phytase Enzymes, ZnO, Native Chicken Sentul G-3

ABSTRAK

Hidayat C, Sumiati, Iskandar S. 2014. Respon pertumbuhan ayam lokal Sentul G-3 terhadap ransum berkadar dedak tinggi yang diberi suplementasi enzim fitase dan ZnO. *JITV* 19(3): 193-202. DOI: <http://dx.doi.org/10.14334/jitv.v19i3.1082>

Percobaan ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengaruh suplementasi enzim fitase dan ZnO terhadap kinerja produksi ayam lokal Sentul G-3 yang diberi ransum berkadar dedak padi tinggi. Dua ratus tujuh puluh ekor anak ayam lokal Sentul G-3 umur satu hari dari tiga angkatan penetasan yang berbeda digunakan dalam percobaan ini. Percobaan ini menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) pola faktorial 3 x 3. Faktor pertama adalah aras suplementasi enzim fitase (0; 1000; 2000 U/kg), faktor kedua adalah aras suplementasi ZnO (0; 1,5; 3,2 g/kg), sehingga terdapat sembilan perlakuan yang diberikan, yaitu R1 = 50% ransum komersial : 50% dedak padi ; R2= R1+ 1,5 g ZnO/kg; R3=R1+ 3,2 g ZnO/kg; R4 =R1+ enzim phytase 1000 U/kg; R5 = R1+(enzim phytase 1000 U/kg + 1,5 g ZnO/kg); R6 = R1+(enzim phytase 1000 U/kg + 3,2 g ZnO/kg); R7 =R1+ enzim phytase 2000 U/kg; R8 = R1+(enzim phytase 2000 U/kg + 1,5 g ZnO/kg); R9 = R1+(enzim phytase 2000 U/kg + 3,2 g ZnO/kg). Setiap unit percobaan terdiri dari 6 ekor *unsexed* ayam lokal Sentul G-3. Pakan percobaan diberikan selama 10 minggu. Peubah yang diamati adalah bobot hidup, pertambahan bobot hidup, konsumsi ransum, konversi ransum, mortalitas, deposisi mineral Ca, P, Zn dalam tulang tibia, aktivitas enzim alkaline fosfatase dalam serum. Hasil percobaan menunjukkan bahwa terjadi interaksi yang nyata ($P < 0,05$) antara suplementasi fitase dan ZnO pada peubah bobot hidup, pertambahan bobot hidup, konversi ransum, deposisi zink dalam tulang tibia. Tidak terjadi interaksi yang nyata ($P > 0,05$) antara suplementasi fitase dan ZnO pada peubah konsumsi ransum, mortalitas, aktivitas enzim alkaline fosfatase dalam serum, dan deposisi kalsium, fosfor dalam tulang tibia. Dapat disimpulkan bahwa suplementasi fitase dan ZnO tidak mampu meningkatkan pertumbuhan ayam Sentul G-3 yang diberi ransum berkadar dedak padi tinggi.

Kata Kunci: Enzim Fitase, ZnO, Ayam Lokal Sentul G-3

PENDAHULUAN

Fitat merupakan bentuk penyimpanan utama fosfor dalam tanaman (P-Fitat). Ternak unggas tidak mampu mencerna fitat karena ternak unggas tidak memiliki enzim fitase dalam saluran pencernaannya. Fitat mampu membentuk ikatan yang tidak tercerna dalam saluran pencernaan unggas dengan kation multivalensi, asam amino, serta protein (Cowieson et al. 2006). Dalam laporan Saad et al. (2011) disebutkan bahwa fitat banyak terkandung dalam dedak padi. Penambahan enzim fitase ke dalam ransum unggas yang mengandung fitat dapat memecah ikatan fitat dalam saluran pencernaan, sehingga absorpsi mineral, asam amino dan protein menjadi meningkat (Cowieson et al. 2006; Adeola & Walk 2013).

Zn merupakan mineral esensial yang berperan penting dan dibutuhkan pada aktivitas lebih dari 300 enzim dalam tubuh. Zn terlibat pada banyak fungsi enzimatik dan metabolik serta beberapa aktivitas biologis dan fungsi fisiologis ternak unggas, terutama pada masa pertumbuhan (Yu et al. 2010; Liu et al. 2011). Hal ini dibuktikan dengan beberapa hasil percobaan suplementasi Zn anorganik dan organik pada ransum ayam broiler mampu meningkatkan kinerja produksi ayam broiler (Ao et al. 2006, 2009; Liu et al. 2011). Defisiensi Zn terjadi ketika dalam ransum unggas terkandung asam fitat tinggi, karena Fitat dan Zn dapat membentuk ikatan kuat yang tidak dapat dicerna dalam saluran pencernaan unggas (Yu et al. 2010).

Dalam mengatasi defisiensi Zn, ZnO dapat ditambahkan dalam ransum. ZnO merupakan sumber Zn inorganik yang tersedia di pasaran dengan harga yang relatif murah. Sandoval et al. (1998) mengatakan bahwa ketersediaan biologis Zn dari ZnO rendah sehingga menguntungkan jika dikonsumsi dalam dosis tinggi. Suplementasi bahan yang mempunyai ketersediaan Zn tinggi (*highly available*) akan menyebabkan keracunan. Suplementasi 1500 ppm Zn dalam bentuk ZnSO₄ menurunkan bobot badan, konsumsi ransum dan efisiensi penggunaan ransum pada ayam broiler dibandingkan dengan suplementasi Zn dalam bentuk ZnO pada dosis yang sama. Sementara suplementasi ZnO sebanyak 500, 1000 dan 1500 mg/kg ransum, tidak menekan produktivitas ayam broiler (Kim & Patterson 2004). Hal ini disebabkan ketersediaan biologis (*bioavailability*) ZnO lebih rendah dibandingkan dengan ZnSO₄. Underwood & Suttle (2001) melaporkan bahwa retensi Zn untuk unggas yang berasal dari ZnO adalah 44-78%.

Dedak padi banyak digunakan oleh para peternak ayam lokal di Indonesia. Peternak ayam lokal banyak menggunakan dedak padi untuk mencampur pakan komersial sebagai upaya menekan biaya pakan. Tingginya komposisi dedak padi dalam ransum

dikhawatirkan tidak mampu mendukung pertumbuhan ayam Sentul G-3 yang maksimal karena tingginya kandungan asam fitat, untuk mengatasinya dapat ditambahkan enzim fitase dan sumber mineral Zn, oleh karena itu tujuan dari percobaan ini adalah untuk mengetahui pengaruh suplementasi enzim fitase dan ZnO terhadap kinerja produksi ayam Sentul G-3 yang diberi ransum berkadar dedak padi tinggi. Ayam Sentul G-3 merupakan calon galur ayam lokal pedaging unggul hasil seleksi dari rumpun ayam sentul yang berasal dari Kabupaten Ciamis Jawa Barat (Iskandar et al. 2012).

MATERI DAN METODE

Sebanyak 270 ekor DOC *unsexed* ayam Sentul G-3 yang diperoleh dari tiga angkatan penetasan, dipakai dalam percobaan ini. Setiap angkatan penetasan berbeda umur satu minggu dengan angkatan penetasan sebelumnya. Dari angkatan pertama hanya diperoleh sejumlah DOC untuk memenuhi dua ulangan untuk semua perlakuan, begitu juga dengan penetasan kedua, sedangkan dari penetasan ketiga hanya diperoleh DOC untuk memenuhi satu ulangan untuk semua perlakuan. Setiap unit kandang percobaan terdiri dari enam ekor DOC *unsexed* ayam Sentul G-3.

Rancangan yang digunakan dalam percobaan ini adalah rancangan acak kelompok (RAK) pola faktorial 3 x 3. Faktor pertama adalah 3 aras imbuan fitase (0;1000;2000 U/Kg) dan faktor ke dua adalah 3 aras imbuan ZnO (0; 1,5; 3,2 g/kg ransum). Aras suplementasi enzim fitase dan ZnO dalam ransum perlakuan disajikan pada Tabel 1.

Bahan pakan yang digunakan dalam percobaan ini adalah dedak padi, pakan komersial untuk *broiler finisher* dan *premix* khusus vitamin. Kandungan bahan pakan yang digunakan ditampilkan pada Tabel 2. Formulasi ransum dan kandungan nutrisi ransum perlakuan ditunjukkan pada Tabel 3. Pemberian ransum perlakuan dilakukan sampai ayam Sentul G-3 mencapai umur sepuluh minggu.

Tabel 1. Aras suplementasi fitase dan ZnO dalam ransum perlakuan

Perlakuan	Fitase (U/kg)	ZnO (g/kg)
R1	0	0
R2	0	1,5
R3	0	3,2
R4	1000	0
R5	1000	1,5
R6	1000	3,2
R7	2000	0
R8	2000	1,5
R9	2000	3,2

Tabel 2. Kandungan zat gizi bahan pakan yang digunakan dalam percobaan

Nutrien	Ransum komersial	Dedak padi
Air (%) ¹	10,02	9,58
Protein kasar (%) ¹	17,87	4,45
Gross energy (Kal/Kg) ¹	4240	3355
Serat kasar (%) ¹	2,78	36,63
Calcium (%) ¹	0,79	0,12
Phosfor (%) ¹	0,65	0,37
Zn (ppm) ¹	192	215
Asam fitat (%) ²	2,89	6,63

¹Hasil analisa laboratorium kimia dan pakan Balai Penelitian Ternak, Ciawi-Bogor (2014)²Hasil analisa laboratorium nutrisi perah Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan IPB (2014)**Tabel 3.** Formulasi ransum dan kandungan nutrisi ransum perlakuan

Bahan pakan	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
Pakan komersial (%)	49,49	49,49	49,49	49,49	49,49	49,49	49,49	49,49	49,49
Dedak padi (%)	49,49	49,49	49,49	49,49	49,49	49,49	49,49	49,49	49,49
Celite (AIA) (%)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Premix vitamin (%)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Total (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Tingkat suplementasi									
ZnO (g/kg)	--	1,5	3,2	-	1,5	3,2	-	1,5	3,2
Fitase (U/kg)	-	-	-	1000	1000	1000	2000	2000	2000
Kandungan nutrisi									
Air (%) ¹	9,70	9,70	9,70	9,70	9,70	9,70	9,70	9,70	9,70
Protein kasar ¹ (%)	11,04	11,04	11,04	11,04	11,04	11,04	11,04	11,04	11,04
Gross energi ¹ (Kkal/Kg)	3843	3843	3843	3843	3843	3843	3843	3843	3843
Energi metabolis ³ (Kkal/Kg)	2204	2480	1567	1825	1945	1985	1871	1963	1871
Serat kasar (%) ¹	19,50	19,50	19,50	19,50	19,50	19,50	19,50	19,50	19,50
Calcium (%) ¹	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Phosfor total ¹ (%)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Phosfor tersedia ² (%)	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Zn (mg/100 g) ¹	10,56	131,98	263,93	10,56	131,98	263,93	10,56	131,98	263,93
Asam fitat (%) ¹	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76
Fitase (FTU/Kg)	-	-	-	1000	1000	1000	2000	2000	2000
Rasio molar asam fitat : Zn ¹	45	4	2	45	4	2	45	4	2

¹Hasil perhitungan berdasarkan hasil analisa laboratorium²Perhitungan berdasarkan NRC (1994), P-tersedia sekitar 30% dari P total³Hasil pengukuran energi metabolis semu pada ayam Sentul G-3 umur 9-10 minggu

Parameter yang diamati dalam percobaan ini adalah kinerja ayam lokal Sentul G-3 *unsexed*, yaitu: bobot hidup, pertambahan bobot hidup, konsumsi ransum, konversi ransum (FCR), mortalitas, deposisi kalsium, fosfor, zink dalam tulang tibia betina, serta aktivitas enzim alkalin fosfatase dalam serum darah betina.

Data yang diperoleh kemudian diuji distribusi normalnya dengan uji Kolmogorov-Smirnov dengan menggunakan *software* SPSS 16. Data normal kemudian dianalisis dengan analisis sidik ragam, apabila diantara perlakuan ada yang berbeda nyata dilanjutkan dengan uji jarak berganda dari Duncan dengan menggunakan *software* SAS 9.13.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bobot hidup (BH) dan pertambahan bobot hidup (PBH)

Dari Tabel 4 terlihat bahwa interaksi antara suplementasi fitase dengan suplementasi ZnO berpengaruh nyata ($P < 0,05$) pada bobot hidup dan pertambahan bobot hidup. Akan tetapi aras fitase atau aras ZnO tidak berpengaruh ($P > 0,05$) terhadap bobot hidup dan pertambahan bobot hidup. Bobot hidup dan pertambahan bobot hidup kelompok ayam pada perlakuan R4 dan R7 (suplementasi enzim fitase tanpa suplementasi ZnO, Table 4) secara statistik tidak berbeda dari kelompok ayam pada perlakuan R1 (tanpa kedua jenis suplementasi) dan mengindikasikan bahwa kombinasi suplementasi 1000 atau 2000 U fitase/kg tanpa ZnO tidak mempengaruhi bobot hidup (BH) dan

pertambahan bobot hidup (PBH) dibandingkan dengan ransum tanpa suplementasi (R1). Hal ini menunjukkan bahwa suplementasi fitase sampai aras 2000 U/kg ke dalam ransum ayam Sentul G-3 yang mengandung 50% dedak padi tidak membantu proses pencernaan dan penyerapan zat gizi diantaranya asam amino yang diduga masih terikat asam fitat, sehingga tidak tersedia untuk mendukung proses pertumbuhan ayam Sentul G-3.

Hasil percobaan ini berbeda dengan yang dilaporkan pada ayam broiler, dimana pemberian suplementasi 1000 U fitase /kg mampu meningkatkan bobot hidup 11% (Ravindran et al. 2008). Shirley & Edwards (2003) juga melaporkan bahwa terjadi peningkatan bobot hidup ayam broiler sampai 60-80% ketika diberi ransum berkadar asam fitat rendah, yang diberi suplementasi 1500 U/kg sampai 12.000 U fitase /kg. Hasil percobaan lain, Iyayi et al. (2013) menyampaikan bahwa suplementasi fitase dengan aras 1000 U/kg ransum mampu meningkatkan pertumbuhan ayam broiler. Sementara itu, Adeola & Walk (2013) melaporkan bahwa suplementasi fitase 500 atau 1000 U/kg ransum meningkatkan bobot hidup ayam broiler.

Perbedaan pengaruh suplementasi fitase pada percobaan ini diduga dari perbedaan ransum yang diberikan. Pada percobaan yang disitir di atas menggunakan ransum dengan kandungan gizi optimal, sedangkan pada percobaan ini digunakan ransum sub optimal. Dengan kandungan gizi ransum yang suboptimal dan memiliki kandungan asam fitat tinggi, aras suplementasi fitase sampai 2000 U/kg ransum yang dilakukan pada percobaan ini tidak banyak membantu

Tabel 4. Rata-rata bobot hidup, pertambahan bobot hidup, *Feed Conversion Ratio* (FCR), ayam Sentul G-3 yang diberi ransum perlakuan

Perlakuan	Bobot hidup (g)	Pertambahan bobot hidup (g)	<i>Feed conversion ratio</i>
R1 (0 U fitase/kg, 0 g ZnO/kg)	620 ^{ab1}	591 ^{ab}	3,9 ^{ab}
R2 (0 U fitase/kg, 1,5 g ZnO/kg)	688 ^a	659 ^a	3,55 ^b
R3 (0 U fitase/kg, 3,2 g ZnO/kg)	507 ^d	479 ^d	4,48 ^a
R4 (1000 U fitase/kg, 0 g ZnO/kg)	589 ^{bc}	560 ^{bc}	3,93 ^{ab}
R5 (1000 U fitase/kg, 1,5 g ZnO/kg)	508 ^d	479 ^d	4,57 ^a
R6 (1000 U fitase/kg, 3,2 g ZnO/kg)	545 ^{bcd}	517 ^{bcd}	4,49 ^a
R7 (2000 U fitase/kg, 0 g ZnO/kg)	591 ^{bc}	562 ^{bc}	4,05 ^{ab}
R8 (2000 U fitase/kg, 1,5 g ZnO/kg)	522 ^{cd}	492 ^{cd}	4,29 ^{ab}
R9 (2000 U fitase/kg, 3,2 g ZnO/kg)	576 ^{bcd}	546 ^{bcd}	3,70 ^b
SEM ²	12,72	12,71	0,09
Pengaruh			
Aras fitase	TN ⁴	TN	TN
Aras ZnO	TN	TN	TN
Interaksi			
Fitase x ZnO	* ³	**	*

¹Nilai rata-rata dengan *superscript* berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$)

SEM=*standar error of mean*

* Menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$)

** Menunjukkan berbeda sangat nyata ($P < 0,01$)

⁴TN menunjukkan tidak berbeda nyata ($P > 0,05$)

dalam memacu pertumbuhan karena komponen gizi utama yang digunakan untuk tumbuh (protein dan energi) tidak cukup untuk menunjang pertumbuhan dan perkembangan jaringan tubuh sesuai potensi genetiknya. Iskandar et al. (2011) melaporkan kebutuhan gizi optimum untuk ayam lokal hasil pemuliaan untuk petelur (Ayam KUB) masa pertumbuhan adalah 17,5% protein kasar dan 2800 kkal/kg energi metabolis. Ayam Sentul G-3 yang merupakan ayam lokal hasil pemuliaan untuk pedaging tentu memiliki kecepatan pertumbuhan pada masa pertumbuhan lebih tinggi dibandingkan dengan ayam KUB (ayam lokal petelur), oleh karenanya memiliki kebutuhan gizi masa pertumbuhan lebih tinggi dibandingkan kebutuhan ayam KUB untuk dapat tumbuh sesuai dengan potensi genetiknya. Scott et al. (1982) mengatakan bahwa kebutuhan energi termetabolis ayam tipe ringan umur 2-8 minggu antara 2600-3100 kkal/kg dan protein pakan antara 18-24%, sedangkan menurut NRC (1994) kebutuhan energi termetabolis dan protein masing masing 2900 kkal/kg dan 18%. Ransum perlakuan dalam percobaan ini yang mengadopsi perilaku peternak di lapangan yang mencampur ransum komersial dengan dedak padi, memiliki kandungan gizi 11% Protein kasar dan energi metabolis berada di antara kisaran 1567-2480 kkal/kg (Tabel 3) atau dibawah kebutuhan gizi optimum ayam lokal masa pertumbuhan, menyebabkan suplementasi fitase yang diberikan tidak banyak membantu peningkatan pertumbuhan ayam Sentul G-3.

Kombinasi suplementasi 0 U fitase/ kg dengan 1,5 g ZnO/kg (R2) tidak mempengaruhi bobot hidup (BH) dan pertambahan bobot hidup (PBH), seperti ditunjukkan oleh nilai yang tidak berbeda nyata ($P>0,05$) oleh kelompok ayam pada R1. Sedangkan kombinasi suplementasi 0 U fitase/ kg dengan 3,2 g ZnO/kg (R3) menurunkan bobot hidup (BH) dan pertambahan bobot hidup (PBH) dibandingkan dengan ransum tanpa kedua zat suplementasi (R1). Hal ini menunjukkan bahwa suplementasi ZnO pada aras 3,2 g/kg ransum memberikan efek negatif, seperti terlihat dari terjadinya penurunan BH.

Suplementasi 1,5 g ZnO/kg tanpa suplementasi fitase (R2) memberikan angka rata-rata BH dan PBH sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan ransum tanpa kedua jenis suplementasi (R1). Lebih jauh lagi, suplementasi 1,5 g ZnO/kg tanpa fitase (R2) memberikan pengaruh pada BH dan PBH lebih baik, ($P<0,05$) dibandingkan dengan ransum yang diberi suplementasi fitase dengan aras 1000 atau 2000 U/kg tanpa ZnO (R4 dan R7). Hal ini menunjukkan bahwa suplementasi 1,5 g ZnO /kg memberikan pengaruh lebih baik terhadap peningkatan produktivitas dibandingkan dengan suplementasi 1000 dan 2000 U/kg fitase saja.

Kombinasi suplementasi 1,5 g ZnO/kg dengan 1000 atau 2000 U fitase/kg (R5 dan R8) menurunkan BH dan

PBH dibandingkan ransum tanpa suplementasi (R1). Penambahan fitase 1000 atau 2000 U/kg ke dalam ransum yang berisi suplementasi 1,5 g ZnO /kg (R5 dan R8) juga menurunkan BH dan PBH dibandingkan dengan BH dan PBH yang dicapai oleh ransum yang diberi suplementasi 1,5 g ZnO /kg saja (R2). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan 1000 atau 2000 U fitase/kg ke dalam ransum yang telah diberi suplementasi 1,5 g ZnO/kg mengakibatkan penurunan produktivitas.

Kombinasi suplementasi 3,2 g ZnO /kg dengan 1000 atau 2000 U fitase /kg (R6 dan R9) tidak mempengaruhi BH dan PBH dibandingkan ransum tanpa suplementasi (R1). BH dan PBH yang dicapai oleh kelompok ayam pada perlakuan ransum dengan suplementasi 3,2 g ZnO/kg dengan 1000 dan 2000 U fitase/kg (R6 dan R9) tidak berbeda nyata ($P>0,05$) dengan BH dan PBH yang dicapai oleh kelompok ayam pada perlakuan ransum dengan kombinasi suplementasi 1,5 g ZnO/kg dengan 1000 atau 2000 U fitase/kg (R5 dan R8).

Penurunan BH dan PBH yang terjadi untuk perlakuan kombinasi suplementasi 1000 atau 2000 U fitase/kg dengan 1,5 atau 3,2 g ZnO/kg (R5, R6, R8, R9) diduga disebabkan oleh keracunan Zn yang berasal dari ZnO dan hasil pelepasan Zn dari ikatan asam fitat-Zn hasil aktivisasi enzim fitase. Hal ini menunjukkan bahwa ayam Sentul G-3 menurun produktivitasnya ketika diberi ransum mengandung Zn di atas 132 mg/100 g atau 1320 mg/kg (Tabel 3) yang berasal dari suplementasi di atas aras 1,5 g ZnO/kg. Peningkatan kandungan Zn dalam ransum bisa berasal dari penambahan suplementasi ZnO di atas 1,5 g ZnO/kg atau hasil aktivasi enzim fitase yang disuplementasikan ke dalam ransum yang sudah mengandung 1,5 g ZnO/kg ransum, seperti ditunjukkan dari BH dan PBH yang rendah untuk perlakuan R5, R6, R8, R9 dibandingkan dengan BH dan PBH untuk kelompok ayam yang diberi perlakuan suplementasi 1,5 g ZnO/kg (R2). Suplai Zn yang tinggi dari ransum diketahui dapat menurunkan produktivitas ayam. Pada ayam broiler pada berbagai dosis suplementasi Zn yang berasal dari beberapa sumber Zn juga dilaporkan menurunkan pertumbuhan, yaitu; 800 mg sebagai ZnO (Berg & Martinson 1972); 1500 mg sebagai ZnSO atau ZnCO₃ (Roberson & Schaible 1960), 3000 mg sebagai ZnO (Johnson et al. 1962).

BH dan PBH kelompok ayam Sentul G-3 pada ke empat perlakuan (R5, R6, R8, R9) secara stistik nyata lebih rendah ($P<0,05$) dibandingkan BH dan PBH yang dicapai oleh kelompok ayam pada perlakuan ransum dengan suplementasi 1,5 g/kg ZnO (R2). Hal ini menunjukkan bahwa suplementasi 1,5 g/kg ZnO ke dalam ransum memberikan pengaruh lebih baik dalam pencapaian BH dan PBH ayam Sentul G-3 dibandingkan dengan ransum yang hanya diberi suplementasi 1000 atau 2000 U fitase/kg, atau

kelompok ayam pada perlakuan kombinasi 1000 atau 2000 U fitase/kg dengan 1,5 atau 3,2 g ZnO /kg.

Respon pertumbuhan yang baik yang ditunjukkan oleh kelompok ayam yang diberi suplementasi 1,5 g/kg (0,15% per kilogram) ZnO dibandingkan dengan perlakuan lainnya seperti yang diutarakan sebelumnya diakibatkan oleh suplai energi termetabolis yang lebih baik dibanding perlakuan lain, hal ini seperti terlihat pada Tabel 3, dimana perlakuan suplementasi 1.5 g ZnO/kg (0,15% ZnO per kg ransum) ZnO (R2) menunjukkan memiliki nilai energi metabolis lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Zat gizi energi merupakan salah satu komponen zat gizi utama yang dibutuhkan untuk menunjang pertumbuhan.

Feed Conversion Ratio (FCR)

Dari Tabel 4 terlihat bahwa pengaruh nyata (P<0,05) interaksi suplementasi fitase dengan suplementasi ZnO terjadi pada peubah *feed conversion ratio* (FCR). Akan tetapi aras fitase atau aras ZnO tidak berpengaruh (P>0,05) terhadap *feed conversion ratio* (FCR).

Suplementasi 1000 atau 2000 U/kg fitase (R4 dan R7) dan suplementasi 1,5 atau 3,2 g/kg ZnO (R2 dan R3) serta kombinasi suplementasi 1000 atau 2000 U/kg fitase dengan 1,5 atau 3,2 g/kg ZnO (R5, R6, R8, R9) tidak mempengaruhi nilai FCR dibandingkan dengan ransum tanpa suplementasi (R1). Hal ini menunjukkan bahwa suplementasi fitase dengan aras 1000 atau 2000 U/kg dan suplementasi ZnO dengan aras 1,5 atau 3,2 g/kg serta kombinasi ke duanya ke dalam ransum ayam Sentul G-3 yang mengandung 50% dedak padi tidak mempengaruhi efisiensi penggunaan ransum dibandingkan dengan perlakuan ransum tanpa suplementasi ke dua zat tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa suplementasi 1000 atau 2000 U/kg enzim fitase atau 1,5 atau 3,2 g ZnO/kg dalam ransum, maupun kombinasi keduanya, tidak mampu meningkatkan penggunaan zat-zat gizi dalam ransum untuk digunakan guna menunjang kinerja produksi ayam Sentul G-3.

Beberapa penelitian sebelumnya melaporkan pengaruh suplementasi fitase atau Zn pada ransum ayam broiler terhadap konversi pakan tidak konsisten. Walk et al. (2012) melaporkan bahwa suplementasi fitase dengan aras 500 U/kg dan 2500 U/kg mampu memperbaiki konversi ransum secara linier dengan meningkatnya suplementasi fitase. Akan tetapi dari percobaan Huang et al. (2007) diketahui bahwa suplementasi Zn pada ransum ayam broiler berbasis jagung dan bungkil kedelai dari aras 20 mg Zn/kg ransum sampai 140 mg Zn/kg ransum tidak mempengaruhi FCR dibandingkan dengan ransum tanpa suplementasi Zn. Sementara itu, percobaan yang dilakukan Linares et al. (2007) menyimpulkan bahwa suplementasi Zn sampai aras 20 mg/kg ransum berbasis

gandum mengandung asam fitat tinggi dan rendah tidak mempengaruhi FCR. Liu et al. (2011) mengatakan bahwa suplementasi Zn pada ransum ayam broiler dari aras 60 mg/kg ransum sampai 180 mg/kg ransum tidak memperbaiki nilai FCR dibandingkan dengan ransum kontrol (ransum tanpa suplementasi Zn).

Konsumsi ransum dan mortalitas

Pengaruh interaksi pemberian suplementasi fitase dengan suplementasi ZnO tidak nyata (P>0,05) demikian pula tidak ada pengaruh suplementasi enzim fitase maupun ZnO pada konsumsi ransum dan mortalitas (Tabel 5). Oleh karena itu analisis hanya dilakukan pada masing-masing perlakuan utama.

Tabel 5. Rata-rata konsumsi ransum dan mortalitas ayam Sentul G-3 yang diberi ransum perlakuan sampai umur 10 minggu

Perlakuan	Konsumsi ransum (g)	Mortalitas (%)
Fitase (U/kg)		
0	2233	13,54
1000	2223	13,89
2000	2138	18,51
<i>Pooled SE</i>	136	6,90
ZnO (g/kg)		
0	2251	12,03
1,5	2216	13,88
3,2	2128	20,83
<i>Pooled SE²</i>	141	6,29
Pengaruh:		
Aras Fitase	TN	TN
Aras ZnO	TN	TN
Interaksi		
Fitase x ZnO	TN ¹⁾	TN

¹TN menunjukkan tidak berbeda nyata (P>0,05)

² *Pooled Standard Error*

Konsumsi ransum yang tidak berbeda (P>0,05) baik untuk ransum dengan suplementasi fitase atau ZnO diakibatkan oleh ransum perlakuan yang memiliki kandungan energi yang sama. Kandungan energi mempengaruhi jumlah konsumsi ransum, karena ternak ayam mengkonsumsi ransum untuk memenuhi kebutuhan energinya. Suplementasi fitase atau ZnO dalam ransum juga tidak mempengaruhi palatabilitas ransum, sehingga tidak mempengaruhi jumlah ransum yang dikonsumsi. Hal yang sama dilaporkan Linares et al. (2007) yang mengatakan bahwa suplementasi Zn sampai aras 20 mg/kg ransum berbasis gandum mengandung asam fitat tinggi dan rendah tidak mempengaruhi tingkat konsumsi ransum. Begitu pula Star et al. (2012) melaporkan bahwa suplementasi Zn anorganik sampai aras 40 mg Zn/kg ransum dan Zn organik sampai aras 15 mg Zn/kg ransum pada ransum ayam broiler jantan tidak memberikan pengaruh

terhadap konsumsi ransum. Sementara itu, beberapa penelitian lain melaporkan terjadi peningkatan ransum. Huang et al. (2007) dan Liu et al. (2011) mengatakan bahwa suplementasi Zn pada ransum ayam broiler berbasis jagung dan bungkil kedelai dari aras 20 mg Zn/kg ransum sampai 180 mg Zn/kg ransum mampu meningkatkan konsumsi ransum dibandingkan dengan ransum tanpa suplementasi Zn. Walk et al. (2012) melaporkan bahwa suplementasi fitase dengan aras 500 U/kg dan 2500 U/kg dapat meningkatkan konsumsi ransum. Sementara itu, Powell et al. (2011) mengatakan bahwa suplementasi fitase ke dalam ransum dengan kandungan kalsium berbeda juga dapat meningkatkan konsumsi ransum.

Suplementasi fitase atau ZnO tidak memberikan pengaruh ($P>0,05$) terhadap tingkat kematian (Tabel 5), namun menunjukkan suatu tingkat kematian yang cukup tinggi (12-20%). Hasnelly et al. (2012) melaporkan bahwa tingkat kematian ayam lokal hasil persilangan antara ayam Sentul dengan KUB sampai umur 12 minggu yang diberi 100% ransum komersial adalah 3,33%. Tingkat kematian yang tinggi pada percobaan ini diduga akibat kepadatan ayam dalam kandang percobaan yang rendah sehingga ayam mengalami kedinginan, ditambah pada awal satu bulan percobaan sedang terjadi cuaca buruk yang terjadi berturut-turut (pancaroba, hujan dan angin tinggi) di lingkungan tempat percobaan. Kematian umumnya terjadi pada umur 2 minggu pertama usia pemeliharaan, yang merupakan usia kritis pada pemeliharaan ayam lokal. Dengan asupan ransum yang dibuat sub optimal, kondisi cuaca lingkungan yang buruk, serta kepadatan ternak dalam kandang yang rendah (6 ekor/kandang) menyebabkan daya tahan tubuh ayam percobaan juga menjadi rendah.

Deposisi/kandungan mineral kalsium, fosfor dan zink dalam tulang tibia

Deposisi kalsium dan fosfor. Pengaruh ransum perlakuan terhadap deposisi mineral kalsium, fosfor dalam tulang tibia ayam Sentul G-3 betina ditunjukkan pada Tabel 6. Pengaruh interaksi suplementasi fitase dengan ZnO serta pengaruh suplementasi fitase atau ZnO tidak nyata ($P>0,05$) pada deposisi kalsium dan fosfor dalam tulang tibia. Hal ini menunjukkan bahwa suplementasi fitase maupun ZnO tidak memberikan pengaruh nyata pada deposisi kalsium dan fosfor dalam tulang tibia ayam Sentul G-3 yang diberi ransum dengan kadar dedak padi mencapai 50%.

Deposisi kalsium dan fosfor pada tulang tibia tidak dipengaruhi ($P>0,05$) oleh suplementasi enzim fitase. Hasil ini menunjukkan bahwa fitase yang ditambahkan ke dalam ransum diduga tidak berhasil melepaskan ikatan kalsium dan fosfor yang terikat asam fitat. Sehingga kalsium atau fosfor yang terikat asam fitat

dalam ransum tidak bisa diserap dalam usus untuk didistribusikan ke dalam organ tubuh, termasuk dalam tulang tibia.

Tabel 6. Deposisi mineral kalsium (Ca), fosfor (P) dalam tulang tibia ayam Sentul G-3 betina umur 10 minggu yang diberi ransum perlakuan

Perlakuan	Kalsium (%)	Fosfor (%)
Fitase (U/kg)		
0	13,87	7,23
1000	13,37	7,01
2000	13,03	6,87
<i>Pooled SE</i>	0,78	0,30
ZnO, (g/kg)		
0	14,04	7,35
1.5	13,05	6,86
3.2	13,16	6,86
<i>Pooled SE</i> ²	0,78	0,30
Pengaruh		
Aras Fitase	TN	TN
Aras ZnO	TN	TN
Interaksi		
Fitase x ZnO	TN ¹⁾	TN

¹⁾TN menunjukkan tidak berbeda nyata ($P>0,05$)

²⁾ *Pooled Standard Error*

Suplementasi ZnO juga tidak memberikan pengaruh ($P>0,05$) terhadap deposisi kalsium dan fosfor dalam tulang tibia. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terjadi sifat antagonisme antara kalsium dan fosfor dengan Zn seperti yang dilaporkan oleh Georgievskii et al. (1982) dimana dikatakan bahwa kalsium dan fosfor akan berinteraksi antagonis dengan mineral Zn, jika mineral Zn tinggi maka mineral kalsium akan ditekan, begitu juga sebaliknya, karena mineral kalsium dan fosfor mempunyai afinitas lebih rendah dibandingkan dengan mineral Zn untuk protein pengangkut di dalam membran *brush border* usus halus (Bertolo et al. 2001).

Deposisi mineral Zn. Pengaruh ransum perlakuan terhadap deposisi mineral Zink (Zn) dalam tulang tibia ayam Sentul G-3 betina ditunjukkan pada Tabel 7. Terjadi interaksi yang nyata ($P<0,05$) antara suplementasi fitase dan ZnO terhadap deposisi Zn dalam tulang tibia. Aras fitase tidak memberikan pengaruh ($P>0,05$) terhadap deposisi Zn dalam tulang tibia, namun aras ZnO memberikan pengaruh sangat nyata ($P<0,01$) terhadap deposisi Zn dalam tulang tibia.

Suplementasi 3,2 g ZnO /kg tanpa suplementasi fitase (R3) dan kombinasi suplementasi 3,2 g ZnO /kg dengan 2000 U fitase/kg (R9) dalam ransum memberikan pengaruh tertinggi ($P<0,05$) terhadap deposisi Zn dalam tulang tibia. Sementara itu, pada suplementasi fitase 1000 U/kg, pemberian suplementasi ZnO meningkatkan deposisi Zn pada tulang tibia, tetapi tidak berbeda nyata antara suplementasi ZnO 1.5 dengan 3,2 g/kg. Lebih tingginya deposisi Zn pada

perlakuan R3 (3,2 g ZnO/kg tanpa suplementasi fitase) dan tidak nyatanya perbedaan deposisi Zn pada perlakuan suplementasi fitase dengan berbagai level ZnO mengindikasikan bahwa suplementasi fitase tidak membantu proses absorpsi Zn. Hasil ini berbeda dengan laporan Adeola & Walk (2013) pada ayam broiler, yang mengatakan bahwa suplementasi fitase sebesar 500 atau 1000 U/kg ransum meningkatkan kandungan mineral dalam tulang tibia ayam broiler. Rutherford et al. 2012 juga melaporkan bahwa suplementasi fitase dengan aras 1000 atau 2000 U/kg ransum meningkatkan kandungan mineral dalam tulang tibia ayam broiler.

Tabel 7. Deposisi mineral Zink (Zn) dalam tulang tibia ayam Sentul G-3 betina umur 10 minggu yang diberi ransum perlakuan

Perlakuan	Zn (ppm)
R1 (0 U fitase/kg, 0 g ZnO/kg)	101,00 ^{c1)}
R2 (0 U fitase/kg, 1,5 g ZnO/kg)	104,33 ^c
R3 (0 U fitase/kg, 3,2 g ZnO/kg)	302,00 ^a
R4 (1000 U fitase/kg, 0 g ZnO/kg)	99,33 ^c
R5 (1000 U fitase/kg, 1,5 g ZnO/kg)	212,67 ^b
R6, (1000 U fitase/kg, 3,2 g ZnO/kg)	191,67 ^b
R7, (2000 U fitase/kg, 0 g ZnO/kg)	160,00 ^{bc}
R8, (2000 U fitase/kg, 1,5 g ZnO/kg)	184,67 ^{bc}
R9, (2000 U fitase/kg, 3,2 g ZnO/kg)	235,67 ^{ab}
SEM ³⁾	14,76
Pengaruh	
Aras Fitase	TN ⁴⁾
Aras ZnO	**
Interaksi	
Fitase x ZnO	* ²

¹ Nilai rata-rata dengan superscript berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata (P<0,05)

² *Menunjukkan berbeda nyata (P<0,05)

**Menunjukkan berbeda sangat nyata (P<0,05)

³ SEM=standar error of mean

⁴ TN menunjukkan tidak berbeda nyata (P>0,05)

Tingginya deposisi Zn karena suplementasi Zn juga dilaporkan oleh Ao et al. (2009) bahwa suplementasi Zn ke dalam ransum meningkatkan kandungan mineral Zn dalam tulang tibia. Selama ini diketahui bahwa suplementasi Zn organik diketahui memberikan pengaruh lebih tinggi terhadap deposisi Zn dalam tulang tibia dibandingkan dengan suplementasi Zn dari sumber Zn anorganik (Luo et al. 2005; Ao et al. 2006, 2007, 2009; Lim et al. 2006; Shelton & Southern 2006). Pada laporan lain, Huang et al. (2007) menyampaikan bahwa suplementasi Zn dalam ransum ayam broiler dari aras 20 mg Zn/kg ransum sampai 140 mg Zn/kg ransum meningkatkan kandungan Zn dalam tulang tibia, dengan peningkatan terus meningkat seiring dengan meningkatnya tingkat suplementasi Zn dalam ransum. Pada percobaan lain yang memberikan hasil berbeda dilaporkan oleh Star et al. (2012)

menunjukkan bahwa suplementasi Zn anorganik sampai aras 40 mg Zn/kg ransum dan Zn organik sampai aras 15 mg Zn/kg ransum pada ransum ayam broiler jantan tidak memberikan pengaruh terhadap kandungan Zn dalam tulang tibia.

Aktivitas alkalin fosfatase dalam serum

Aktivitas enzim alkalin fosfatase dalam serum darah ayam Sentul G-3 betina umur 9-10 minggu ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Aktivitas enzim alkalin fosfatase dalam serum darah ayam Sentul G-3 betina umur 10 minggu yang diberi ransum perlakuan

Perlakuan	Alkalin fosfatase (U/kg)
Fitase (U/kg)	
0	1370
1000	1118
2000	1342
Pooled SE ²⁾	287,94
ZnO (g/kg)	
0	1260
1,5	1060
3,2	1489
Pooled SE	252,05
Pengaruh	
Aras Fitase	TN
Aras ZnO	TN
Interaksi	
Fitase x ZnO	TN ¹⁾

¹TN menunjukkan tidak berbeda nyata (P>0,05)

²Pooled Standard Error

Pada Tabel 8 dapat dilihat bahwa pengaruh interaksi suplementasi fitase dengan ZnO maupun suplementasi fitase atau ZnO tidak nyata (P>0,05) terhadap aktivitas enzim alkalin fosfatase dalam serum darah ayam Sentul G-3 betina umur 10 minggu. Aktivitas alkalin fosfatase juga tidak dipengaruhi (P>0,05) oleh suplementasi enzim fitase atau ZnO. Hal ini menunjukkan bahwa suplementasi enzim fitase atau ZnO tidak memberikan pengaruh terhadap jumlah ketersediaan Zn yang diabsorpsi dalam usus untuk digunakan pada aktivitas alkalin fosfatase. Enzim alkalin fosfatase merupakan salah satu parameter yang dapat menggambarkan status mineral Zn dalam tubuh, karena enzim tersebut sangat tergantung mineral Zn untuk aktivitas maupun strukturnya. Enzim alkalin fosfatase mengandung 4 ion Zn per molekul enzim, 2 ion dibutuhkan untuk aktivitas enzim dan 2 ion Zn diperlukan untuk strukturnya (Groff & Gropper 2000).

Sebelumnya percobaan suplementasi fitase dan Zn dalam ransum terhadap aktivitas alkalin fosfatase dalam serum ayam broiler menunjukkan bahwa suplementasi kombinasi 1000 U fitase /kg, 132,70 ppm ZnO dan

286,16 ppm CuSO₄ dalam ransum ayam broiler meningkatkan kandungan Zn dalam serum yang diikuti oleh peningkatan aktivitas alkaline fosfatase (Setiyatwan & Piliang 2011). Perbedaan hasil dari laporan studi Setiyatwan & Piliang 2011 dengan hasil penelitian yang dilaporkan di sini menunjukkan bahwa, kemampuan ayam Sentul G-3 dalam mengabsorpsi Zn yang berasal dari ransum lebih rendah dibandingkan dengan yang ditunjukkan pada ayam broiler.

Hal ini berimplikasi terhadap daya tahan ayam Sentul G-3 yang lebih toleran terhadap aras Zn yang tinggi dalam ransum, seperti terlihat pada Tabel 4. Penggunaan ransum mengandung 1319 mg/kg yang berasal dari suplementasi 1,5 g ZnO/kg (R2) dalam percobaan ini yang secara angka memberikan pencapaian BH sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan tanpa suplementasi ZnO dan fitase (Tabel 4) menunjukkan bahwa ayam Sentul G-3 justru menunjukkan respon pertumbuhan yang positif dengan pemberian ransum yang diberi suplementasi 1,5 g ZnO/kg atau dengan kandungan Zn 1319 mg/kg ransum. Kandungan Zn tersebut (1319 mg/kg) jauh melebihi rekomendasi kandungan Zn ransum untuk ayam broiler menurut NRC (1994) yaitu 40 mg/kg ransum.

KESIMPULAN

Suplementasi enzim fitase dan ZnO dalam ransum tidak memperbaiki bobot hidup, penambahan bobot hidup, konsumsi ransum, konversi ransum, dan tidak menekan tingkat kematian. Selain itu, suplementasi fitase dan ZnO tidak memberikan pengaruh terhadap aktivitas enzim alkaline fosfatase dalam serum, dan tidak memberikan pengaruh terhadap deposisi kalsium, fosfor dalam tulang tibia, namun meningkatkan deposisi zink dalam tulang tibia ayam Sentul G-3 yang diberi ransum berkadar dedak padi tinggi. Dengan demikian suplementasi enzim fitase dan ZnO pada ransum ayam Sentul G-3 dengan kandungan dedak padi 50% tidak diperlukan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menghaturkan terimakasih kepada Badan Litbang Pertanian serta Balai Penelitian Ternak atas bantuan dana, tempat, dan materi percobaan. Kepada PT. Trouw Nutrition International atas bantuan penyediaan ZnO dan enzim fitase. Dr. Tike Sartika selaku penanggung jawab RPTP ayam lokal Balitnak 2014. Seluruh teknisi kandang percobaan ayam Balitnak, terutama Bapak A. Udjiyanto, Bapak Gunadi, Bapak Kadiran dan Ibu Yuli yang telah membantu terlaksananya kegiatan percobaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeola O, Walk CL. 2013. Linking ileal digestible phosphorus and bone mineralization in broiler chickens fed diets supplemented with phytase and highly soluble calcium. *Poult Sci.* 92:2109-2117
- Ao T, Pierce JL, Power R, Pescatore AJ, Cantor AH, Dawson KA, Ford MJ. 2009. Effects of feeding different forms of zinc and copper on the performance and tissue mineral content of chicks. *Poult Sci.* 88:2171-2175.
- Ao T, Pierce JL, Power R, Dawson KA, Pescatore AJ, Cantor AH, Ford MJ. 2006. Evaluation of Bioplex ZnR as organic zinc source for chicks. *Int J Poult Sci.* 5:808-811.
- Ao T, Pierce JL, Pescatore AJ, Cantor AH, Dawson KA, Ford MJ, Shafer BL. 2007. Effects of organic zinc and phytase supplementation in a maize-soybean meal diet on the performance and tissue zinc content of broiler chicks. *Br Poult Sci.* 48:690-695.
- Berg LR, Martinson RD. 1972. Effect of diet composition on the toxicity of zinc for the chick. *Poult Sci.* 51:1690-1694.
- Bertolo RFP, William JB, Stephanie AA. 2001. Calcium competes with zinc for a channel mechanism on the brush border membrane of piglet intestine. *J Nutr Biochem.* 12:66-72.
- Cowieson AJ, Acamovic T, Bedford MR. 2006. Phytic acid and phytase: Implications for protein utilization by poultry. *Poult Sci.* 85:878-885.
- Georgievskii VI, Annenkov BN, Samokhin VT. 1982. Mineral nutrition of animal. London (UK): Butterworths.
- Groff JL, Gropper SS. 2000. *Advanced Nutrition and Human Metabolism.* 3rd ed. USA: Wadsworth Thomson Learning.
- Hasnelly Z, Sartika T, Zainuddin D, Komaruddin. 2012. Persilangan pada ayam lokal (KUB, Sentul, Gaok) untuk meningkatkan produksi daging unggas nasional. Iskandar S, Resnawati H, Priyantini A, Sartika T, Damayanti R, penyunting. *Prosiding Workshop Nasional Unggas Lokal.* Bogor (Indonesia): Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan. hlm. 102-108.
- Huang YL, Lu L, Luo XG, Liu B. 2007. An optimal dietary zinc level of broiler chicks fed a corn-soybean meal diet. *Poult Sci.* 86:2582-2589.
- Iskandar S, Sartika T, Hidayat C. 2011. Performance response of the selected kampung chicken to dietary protein. *Indonesian J Nutr Feed Sci.* 2:73-79.
- Iskandar S, Gunawan B, Resnawati H. 2012. Initiation of selection in Sentul native chicken: ten weeks growth rate. Wina E, Prasetyo LH, Inouno I, Priyanti A, Anggraeni A, Yulistiani D, Sinurat AP, Situmorang P, Wardhana AH, Dharmayanti NLPI, Ilham N, James P, Asnan Z, editors. *Proceedings International Conference*

- of Livestock Production and Veterinary Technology. Bogor (Indonesia): Indonesian Center for Animal Research and Development. p. 35-39.
- Iyayi EA, Fru-Nji F, Adeola O. 2013. True phosphorus digestibility of black-eyed pea and peanut flour without or with phytase supplementation in broiler chickens. *Poult Sci.* 92:1595-1603.
- Johnson DJr, Mehring ALJr, Savins FX, Titus HW. 1962. The tolerance of growing chickens for dietary zinc. *Poult Sci.* 41:311-317.
- Kim WK, Patterson PH. 2004. Effects of dietary zinc supplementation on broiler performance and nitrogen loss from manure. *Poult Sci.* 83:34-38.
- Lim HS, Paik IK, Sohn TI, Kim WY. 2006. Effects of supplementary copper chelates in the form of methionine chitosan and yeast on the performance of broilers. *Asian-Aust J Anim Sci.* 9:1322-1327.
- Linares LB, Broomhead JN, Guaiume EA, Ledoux DR, Veum TL, Raboy V. 2007. Effects of low phytate barley (*Hordeum vulgare* L.) on zinc utilization in young broiler chicks. *Poult Sci.* 86:299-308.
- Liu ZH, Lu L, Li SF, Zhang LY, Xi L, Zhang KY, Luo XG. 2011. Effects of supplemental zinc source and level on growth performance, carcass traits, and meat quality of broilers. *Poult Sci.* 90:1782-1790.
- Luo XG, Ji F, Lin YX, Steward FA, Lu L, Liu B, Yu SX. 2005. Effects of dietary supplementation with copper sulfate or tribasic copper chloride on broiler performance, relative copper bioavailability, and oxidation stability of vitamin E in feed. *Poult Sci.* 84:888-893.
- [NRC] National Research Council. 1994. Nutrient requirement of poultry. 9th ed. Washington DC (USA): National Academy Press.
- Powell S, Bidner TD, Southern LL. 2011. Phytase supplementation improved growth performance and bone characteristics in broilers fed varying levels of dietary calcium. *Poult Sci.* 90:604-608.
- Ravindran V, Cowieson AJ, Selle PH. 2008. Influence of dietary electrolyte balance and microbial phytase on growth performance, nutrient utilization and excreta quality of broiler chickens. *Poult Sci.* 87:677-688.
- Roberson RH, Schaible PJ. 1960. The tolerance of growing chicks for high levels of different forms of zinc. *Poult Sci.* 39:893-896
- Rutherford SM, Chung TK, Thomas DV, Zou ML, Moughan PJ. 2012. Effect of a novel phytase on growth performance, apparent metabolizable energy, and the availability of minerals and amino acids in a low-phosphorus corn-soybean meal diet for broilers. *Poult Sci.* 91:1118-1127.
- Saad N, Esa NM, Ithnin H, Shafie NH. 2011. Optimization of optimum condition for phytic acid extraction from rice bran. *Afr J Plant Sci.* 5:168-176.
- Sandoval M, Henry PR, Luo XG, Littell RC, Miles RD, Ammerman CB. 1998. Performance and tissue zinc and metallothionein accumulation in chicks fed a high dietary level of zinc. *Poult Sci.* 77:1354-1363.
- Scott ML, Nesheim MC, Young RJ. 1982. Nutrition of the chickens. 2nd ed. M.L. Scott and Associates Ithaca, New York (USA).
- Setiyatwan H, Piliang W. 2011. Respon ayam broiler yang diberi ransum dengan suplementasi fitase, Zn dan Cu. *J Ilmu Ternak.* 11:68-73.
- Shelton JL, Southern LL. 2006. Effects of phytase addition with or without a trace mineral premix on growth performance, bone response variables, and tissue mineral concentration in commercial broilers. *J Appl Poult Res.* 15:94-102.
- Shirley RB, Edwards Jr HM. 2003. Graded levels of phytase past industry standards improves broiler performance. *Poult Sci.* 82:671-680.
- Star L, Van der Klis JD, Rapp C, Ward TL. 2012. Bioavailability of organic and inorganic zinc sources in male broilers. *Poult Sci.* 91:3115-3120
- Underwood EJ, Suttle NF. 2001. The Mineral Nutrition of Livestock. 3rd Ed. Wallingford (UK): CABI Publishing.
- Walk CL, Addo-Chidie EK, Bedford MR, Adeola O. 2012. Evaluation of a highly soluble calcium source and phytase in the diets of broiler chickens. *Poult Sci.* 91:2255-2263.
- Yu YL, Lu, Wang RL, Xi L, Luo XG, Liu B. 2010. Effects of zinc source and phytate on zinc absorption by in situ ligated intestinal loops of broilers. *Poult Sci.* 89:2157-2165.