

## **Pertumbuhan dan efisiensi pakan ayam broiler betina yang diberi pakan mengandung metionin cukup dan disuplementasi betain**

### **Growth and feed efficiency in female broiler chickens fed diet containing adequate methionine and supplemented with betaine**

Adi Ratriyanto \*, dan Susan Dikta Mentari

Program Studi Peternakan, Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret  
Jl. Ir. Sutami 36 A, Surakarta, Indonesia 57126

*Submitted: 6 Agustus 2018, Accepted: 9 Oktober 2018*

---

**ABSTRAK:** Betain merupakan donor gugus metil yang dapat menstimulasi sintesis protein karena memiliki kesamaan peran dengan metionin. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji suplementasi betain ke dalam pakan yang memiliki kandungan metionin sesuai standar (cukup) terhadap performa dan efisiensi pakan ayam broiler betina. Dua ratus ekor *day old chicks* (DOC) ayam broiler betina digunakan dalam penelitian ini. Ayam tersebut dialokasikan dalam 4 perlakuan, masing-masing diulang 5 kali dengan 10 ekor tiap ulangan. Pakan kontrol disusun mengandung metionin cukup (0,50% pada periode *starter* dan 0,38% pada periode *finisher*). Pakan perlakuan lainnya diperoleh dengan suplementasi 0,1%; 0,2% dan 0,3% betain dalam pakan kontrol. Peubah yang diamati meliputi konsumsi pakan, konsumsi protein dan energi, pertambahan bobot badan harian (PBBH), efisiensi pakan, rasio efisiensi energi dan protein (REE dan REP). Suplementasi betain pada level 0,1% meningkatkan PBBH ( $P < 0,05$ ), tetapi suplementasi pada level lebih tinggi tidak berpengaruh terhadap PBBH. Konsumsi pakan, energi dan protein, efisiensi pakan serta REE dan REP tidak dipengaruhi oleh betain. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa suplementasi 0,1% betain dalam pakan mengandung cukup metionin dapat meningkatkan PBBH tanpa berpengaruh terhadap efisiensi pakan. Suplementasi betain pada level yang lebih tinggi tidak memberikan efek positif terhadap pertumbuhan dan efisiensi pakan ayam broiler betina.

**Kata kunci :** ayam broiler; betain; efisiensi pakan; performa.

**ABSTRACT:** Betaine is a methyl group donor that can increase protein synthesis since it has a similar role as methionine. The study was performed to determine the supplementation effect of betaine in the diet containing adequate methionine on growth performance and feed efficiency of female broilers. In total, 200 of day-old chicks of female broiler chickens were allotted to 4 treatments with 5 replication of 10 birds. This experiment was designed as completely randomized design. Control diet was formulated to contain adequate methionine (0.50% for starter and 0.38% for finisher period). The other dietary treatments were obtained by supplementing 0.1%, 0.2% and 0.3% betaine. The variables observed consisted of feed, protein and energy consumption, average daily weight gain, feed efficiency, protein and energy efficiency ratio. Supplementation of 0.1% betaine generated a higher average daily weight gain ( $P < 0.05$ ), but supplementation at higher levels (0.2 and 0.3%) had no effect on weight gain. However, betaine did not affect feed, energy and protein consumption, as well as feed efficiency and energy and protein efficiency ratio. Thus, betaine can be applied in the diet containing adequate methionine at the level of 0.1% to produce higher daily weight gain without affecting feed efficiency. Supplementation of betaine at higher levels than 0.1% did not show positive effect on weight gain and feed efficiency in female broiler chickens.

**Keywords :** broiler chickens; betaine; feed efficiency; performance.

---

\*Corresponding Author: [ratriyanto@staff.uns.ac.id](mailto:ratriyanto@staff.uns.ac.id)

## **PENDAHULUAN**

Metionin merupakan asam amino esensial yang metabolitnya digunakan dalam proses biologis fundamental seperti deposisi protein dan respon imunitas (Metzler-Zebeli, Eklund, and Mosenthin, 2009). Selain itu, metionin berfungsi sebagai donor gugus metil (CH<sub>3</sub>) dan menghasilkan S-adenosil metionin (Ratriyanto *et al.*, 2009). Selanjutnya melalui reaksi transmetilasi, gugus metil ini digunakan dalam proses metabolisme energi dan protein (Eklund *et al.*, 2005; Metzler-Zebeli, Eklund, and Mosenthin, 2009). Hewan vertebrata termasuk ayam tidak dapat mensintesis gugus metil, oleh karena itu gugus metil harus disediakan melalui pakan (Ratriyanto *et al.*, 2009).

Fungsi metionin untuk sintesis protein dan sebagai donor gugus metil saling berkompetisi terhadap metionin yang tersedia. Oleh karena itu adanya donor gugus metil lain misalnya betain (disebut juga trimetil glisin) diharapkan dapat menyediakan gugus metil yang diperlukan untuk mengkonversi homosistein menjadi metionin sehingga dapat meningkatkan ketersediaan metionin (Sun *et al.*, 2008). Terdapat tiga gugus metil pada betain yang dapat didonasikan pada proses transmetilasi untuk diterima oleh akseptor (Ratriyanto, Indreswari, dan Nuhriawangsa, 2017; Ratriyanto *et al.*, 2009). Berbeda dengan metionin yang dikonversi menjadi S-adenosil metionin sebelum berfungsi sebagai donor metil, maka betain tidak perlu dikonversi melainkan langsung mendonasikan gugus metilnya (Pillai *et al.*, 2006; Ratriyanto *et al.*, 2009). Berdasarkan persamaan peran tersebut, maka diharapkan betain dapat mengoptimalkan fungsi metionin, sehingga metionin lebih banyak digunakan untuk sintesis protein.

Menurut Nutrition Research Council (1994) kebutuhan metionin untuk ayam broiler starter sebesar 0,50% dan finisher sebesar 0,38%. Sementara itu, kebutuhan

betain tergantung pada ketersediaan donor gugus metil yang disuplai daripada (Ratriyanto *et al.*, 2009). Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pengaruh terhadap performa ayam broiler cukup bervariasi (Amerah, Gimenez-Rico, and Ravindran, 2013; Nofal *et al.*, 2015; Sakomura *et al.*, 2013). Suplementasi betain meningkatkan pertumbuhan ayam broiler (Amerah, Gimenez-Rico, and Ravindran, 2013). Penelitian Sakomura *et al.* (2013) menunjukkan peningkatan konsumsi pakan akibat suplementasi betain tetapi tidak berpengaruh terhadap bobot badan. Sementara itu, Waldroup and Fritts (2005) menunjukkan bahwa suplementasi betain tidak berpengaruh terhadap performa ayam broiler. Berdasarkan hal tersebut, tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh suplementasi donor gugus metil dari betain ke dalam pakan mengandung metionin standar terhadap pertumbuhan dan efisiensi pakan ayam broiler betina.

## **MATERI DAN METODE**

Sebanyak 200 ekor *day old chicks* (DOC) betina ayam broiler strain New Lohmann (MB 202) produksi PT. Japfa Comfeed Indonesia digunakan dalam penelitian ini. Ayam dipelihara dalam *brooder* sampai umur 7 hari. Rerata bobot badan awal penelitian pada umur 7 hari adalah 149,53±2,52 g. Ayam broiler dialokasikan menjadi 4 perlakuan dan 5 ulangan. Setiap ulangan berisi 10 ekor ayam yang ditempatkan dalam kandang *litter* dengan ukuran 1,0 m × 1,0 m × 0,5 m (p × l × t).

Pakan basal disusun berbasis jagung kuning sebagai sumber energi dan bungkil kedelai sebagai sumber protein (Tabel 1) serta mengandung metionin cukup yaitu 0,50% pada periode starter dan 0,38% pada periode finisher (Tabel 2) berdasarkan rekomendasi Nutrition Research Council (1994). Pakan perlakuan diperoleh dengan suplementasi betain (*betaine anhydrous*

96%) sebesar 0,1; 0,2 dan 0,3% betain (0,104, 0,208 dan 0,312% *betaine anhydrous*) dalam pakan basal. Suplementasi dilakukan dengan metode *expense* (menukar) antara betain dengan jagung sesuai prosedur Ratriyanto, Indreswari, dan Sunarto (2014). Penelitian dilaksanakan sampai umur 42 hari. Pemeliharaan pada masa prapenelitian dari DOC sampai 7 hari dengan pemberian

pakan kontrol starter. Mulai umur 8 hari ayam diberi pakan sesuai dengan perlakuan masing-masing. Air minum dan pakan disediakan secara bebas (*ad libitum*). Pakan yang diberikan maupun pakan sisa ditimbang setiap hari menggunakan timbangan digital dengan kapasitas 5 kg dan ketelitian 1 g. Penimbangan ayam dilakukan tiap minggu menggunakan timbangan yang sama.

Tabel 1. Susunan pakan basal periode *starter* dan fase *finisher*.

Bahanpakan	<i>Starter</i> (%)	<i>Finisher</i> (%)
Bungkil kedelai	28,00	19,00
Tepung ikan	9,75	13,00
Jagung kuning	50,00	40,00
Bekatul	8,90	24,45
Onggok	1,45	1,92
<i>L</i> -lisin HCl	0,10	0,20
<i>DL</i> -metionin	0,15	0,08
<i>Limestone</i>	1,00	0,70
Premiks*	0,40	0,40
NaCl	0,25	0,25
Total	100,00	100,00

Premiks (per kg) mengandung vitamin A 1.200.000 IU, vitamin D3 200.000 IU, vitamin E 800 mg, vitamin K 200 mg, vitamin B1 200 mg, vitamin B2 500 mg, vitamin B6 50 mg, vitamin B12 1.200 mg, vitamin C 2.500 mg, Ca-D-pantotenat 600 mg, niasin 4.000 mg, kolinklorid 1.000 mg, metionin 3.000 mg, I 3.000 mg, Mn 12.000 mg, Fe 2.000 mg, I 20 mg, Zn 10.000 mg, Co 20 mg, Cu 400 mg, antioksi- dan 10.000 mg.

Tabel 2. Kandungan nutrient pakan basal periode *starter* dan fase *finisher*\*

Kandungan Nutrien	<i>Starter</i>	<i>Finisher</i>
Energi metabolis (kcal/kg)	3200,50	3226,30
Protein kasar (%)	22,00	20,06
Kalsium (%)	1,10	1,14
Fosfortersedia (%)	0,47	0,57
Lisin (%)	1,19	1,10
Metionin (%)	0,50	0,38

\* Dihitung dari hasil analisis kandungan nutrien bahan pakan.

Data yang dikoleksi dalam penelitian ini adalah konsumsi pakan, pertambahan bobot badan harian (PBBH), efisiensi pakan serta rasio efisiensi energi dan protein (REE dan REP). Konsumsi pakandiperoleh dari pengurangan jumlah pemberian pakan dengan pakan sisa.

Sementara itu, PBBH merupakan jumlah pertambahan bobot badan selama penelitian dibagi dengan lama pemeliharaan. Efisiensi pakan merupakan persentase dari rasio pertambahan bobot badan dengan konsumsi pakan. Nilai REE

merupakan penambahan bobot badan per 100 kcal konsumsi energi. Nilai REP menggambarkan penambahan bobot badan per unit konsumsi protein (Kamran *et al.*, 2008). Nilai REE dan REP dihitung dengan persamaan menurut Kamran *et al.* (2008) sebagai berikut:

$$REE = \frac{\text{Pertambahan bobot badan}}{\text{Konsumsi energi metabolis}} \times 100$$

$$REP = \frac{\text{Pertambahan bobot badan}}{\text{Konsumsi protein}}$$

Data yang diamati dianalisis dengan analisis variansi dengan level suplementasi betain sebagai faktornya. Selanjutnya jika terdapat pengaruh perlakuan, maka dilakukandengan uji Duncans untuk melihat perbedaan antar perlakuan (Steel dan Torrie, 1995).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Konsumsi pakan dan penambahan bobot badan**

Suplementasi betain dengan level 0,1–0,3% ke dalam pakan mengandung metionin cukup tidak berpengaruh terhadap konsumsi pakan (Tabel 3). Konsumsi pakan yang sama selanjutnya menyebabkan konsumsi protein dan energi yang juga tidak dipengaruhi oleh suplementasi betain karena pakan perlakuan memiliki kandungan protein dan energi yang sama. Sejalan dengan penelitian ini, Pillai *et al.* (2006) dan Konca *et al.* (2008) menunjukkan bahwa penambahan 0,28 dan 0,20% betain dalam pakan tidak berpengaruh terhadap konsumsi pakan ayam broiler. Hal ini didukung oleh Esteve-Garcia *and* Mack (2000) bahwa suplementasi betain menunjukkan sedikit atau tidak ada pengaruh terhadap performa ayam broiler.

Tabel 3. Konsumsi pakan, protein dan energi serta penambahan bobot badan

Perlakuan	Suplementasi Betain (%)			
	0	0,1	0,2	0,3
Konsumsi pakan (g/ekor/hari)	128,06±1,82	128,48±0,95	125,78±3,51	129,69±2,44
Konsumsi energi (kcal/ekor/hari)	411,51±5,84	412,86±3,06	404,19±11,27	416,75±7,84
Konsumsi protein (g/ekor/hari)	27,28±0,38	27,37±0,20	26,79±0,74	27,62±0,51
Pertambahan bobot badan harian (g/ekor/hari)	52,94±1,81 <sup>b</sup>	55,14±2,77 <sup>a</sup>	52,81±1,62 <sup>b</sup>	52,73±2,51 <sup>b</sup>

<sup>(ab)</sup> Rerata diikuti superskrip berbeda pada variabel yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata (P<0,05)

Suplementasi betain sebesar 0,1% dalam pakan mengandung cukup metionin menghasilkan PBBH lebih tinggi daripada perlakuan lain (P<0,01). Respon ayam terhadap suplementasi betain dalam pakan terlihat bervariasi. Menurut Sun *et al.* (2008) variasi tersebut diantaranya perbedaan kandungan metionin dalam pakan dan kondisi kesehatan ayam broiler. Suplementasi betain pada level 0,1% masih dapat mengoptimalkan metionin sebagai

donor gugus metil, sehingga dapat meningkatkan performa pertumbuhan (McDevitt, Mack, *and* Wallis, 2000).

Sementara itu, suplementasi betain dalam level yang lebih tinggi dampaknya mengandung cukup metionin tidak dapat meningkatkan performa pertumbuhan, menunjukkan bahwa suplementasi betain dengan level yang tinggi sebagai donor gugus metil tidak efektif jika pakan yang mengandung cukup metionin. Diduga

tingginya suplementasi donor gugus metil tidak diimbangi dengan ketersediaan akseptor donor gugus metil (homosistein), sehingga gugus metil tidak berfungsi secara optimal (Ratriyanto *et al.*, 2012). Sejalan dengan penelitian ini, suplementasi betain dalam pakan tinggi metionin dan kolin menurunkan pertambahan bobot badan (Konca *et al.*, 2008). Betain adalah substansi yang memiliki kandungan nitrogen, sehingga untuk membuangnya dari tubuh diperlukan energi (Eklund *et al.*, 2005). Oleh karena itu semakin banyak betain yang disuplementasikan maka energi yang perlukan untuk mengekskresikan juga semakin banyak (Konca *et al.*, 2008; Ratriyanto and Mosenthin, 2018). Hal ini menyebabkan berkurangnya energi yang digunakan untuk pertumbuhan. Penelitian terdahulu pada ayam broiler menunjukkan bahwa betain efektif digunakan pada pakan defisien metionin (El-Husseiny *et al.*, 2007; Ratriyanto *et al.*, 2012). Sejalan dengan hasil penelitian ini betain lebih

menunjukkan efektivitasnya pada kondisi sub-optimal seperti defisien metionin, cekaman panas, koksidosi dan kurangnya kebersihan (Spreeuwenberg *et al.*, 2007).

**Efisiensi pakan, rasio efisiensi protein dan rasio efisiensi energi**

Suplementasi betain dalam pakan sampai level 0,3% tidak berpengaruh terhadap efisiensi pakan, REP dan REE (Tabel 4). Pada penelitian terdahulu, penambahan 0,10–0,20% betain dalam pakan tinggi metionin tidak berpengaruh terhadap efisiensi pakan ayam broiler (Konca *et al.*, 2008). Zulkifli, Mysahra, and Jin (2004) menyatakan bahwa suplementasi betain tidak memengaruhi efisiensi pakan pada ayam broiler yang dipelihara dalam kondisi cekaman panas. Penelitian Zulkifli, Mysahra, dan Jin (2004) sesuai dengan penelitian ini, karena suplementasi betain dalam pakan yang mengandung cukup metionin tidak memengaruhi pertambahan bobot badan maupun jumlah konsumsi pakan.

Tabel 4. Efisiensi pakan, rasio efisiensi protein dan rasio efisiensi energi

Perlakuan	Suplementasi Betain (%)			
	0	0,1	0,2	0,3
Efisiensipakan (%)	41,32±1,99	42,92±2,30	42,01±0,57	40,49±1,82
Rasioefisiensienergi	12,86±0,62	13,35±0,72	13,06±0,18	12,60±0,57
Rasioefisiensi protein	2,03±0,09	2,11±0,11	2,06±0,03	1,98±0,09

Suplementasi betain dalam pakan cukup metionin tidak berpengaruh terhadap REP dan REE ayam broiler betina karena konsumsi protein dan energi yang dihasilkan relatif sama (Kamran *et al.*, 2008). Sementara itu, peningkatan PBBH pada suplementasi betain 0,1% belum dapat meningkatkan REE dan REP walaupun secara numerik lebih tinggi. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa nilaiREE dan REP dipengaruhi oleh kandungan protein dan energi dalam pakan (Kamran *et al.*, 2008; Ratriyanto,

Indreswari, dan Sunarto, 2014). Penelitian lain menunjukkan bahwa peningkatan level metionin dari 0,46 sampai 0,61% tidak berpengaruh terhadap REP pada ayam broiler (Nasr, 2012).

Sementara itu, dalam penelitian ini pakan perlakuan memiliki kandungan nutrisi yang sama dan mengandung metionin cukup. Sejalan dengan penelitian ini, suplementasi metionin dan betain sebesar 0,14% dalam pakan tidak meningkatkan REP ayam broiler (Ratriyanto, Indreswari, dan Sunarto,

2014). Selain itu, efektivitas betain juga berhubungan dengan ketersediaan gugus metil dari donor lainnya seperti metionin dan kolin (Metzler-Zebeli, Eklund, and Mosenthin, 2009; Ratriyanto *et al.*, 2009). Betain lebih terlihat efektivitasnya jika pakan memiliki kandungan metionin rendah karena betain efektif meningkatkan ketersediaan metionin (Metzler-Zebeli *et al.*, 2009).

### **KESIMPULAN**

Suplementasi betain sebesar 0,1% sebagai donor gugus metil dalam pakanyang mengandung cukup metionin dapat meningkatkan pertumbuhan ayam broiler betina walaupun tidak dapat memperbaiki efisiensi pakan. Akan tetapi suplementasi betain pada level yang lebih tinggi dalam pakan cukup metionin tidak dapat memperbaiki pertumbuhan dan efisiensi pakan.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Amerah, A. M., Gimenez-Rico, R. D., & Ravindran, V. (2013). Effect of heat stress and betaine source on growth performance and carcass characteristics of broiler chickens fed corn based diets. *World's Poultry Science Journal*, 69 (Suppl.), 1–3.
- Eklund, M., Bauer, E., Wamatu, J., & Mosenthin, R. (2005). Potential nutritional and physiological functions of betaine in livestock. *Nutrition Research Reviews*, 18(1) : 31–48.
- El-Husseiny, O. M., Abo-El-Ella, M. A., Abd-Elsamee, M. O., & Abd-Elfattah, M. M. (2007). Response of broilers performance to dietary betaine and folic acid at different methionine levels. *International Journal of Poultry Science*, 6(7), 515–523.
- Esteve-Garcia, E., & Mack, S. (2000). The effect of DL -methionine and betaine on growth performance and carcass characteristics in broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 87, 85–93.
- Kamran, Z., Sarwar, M., Nisa, M., Nadeem, M. A., Mahmood, S., Babar, M. E., & Ahmed, S. (2008). Effect of low-protein diets having constant energy-to-protein ratio on performance and carcass characteristics of broiler chickens from one to thirty-five days of age. *Poultry Science*, 87(3) : 468–474.
- Konca, Y., Kirkpinar, F., Mert, S., & Yaylak, E. (2008). Effect of betaine on performance, carcass, bone and blood characteristics of broilers during natural summer temperatures. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7 : 930–937.
- McDevitt, R. M., Mack, S., & Wallis, I. R. (2000). Can betaine partially replace or enhance the effect of methionine by improving broiler growth and carcass characteristics? *British Poultry Science*, 41(4) : 473–80.
- Metzler-Zebeli, B. U., Eklund, M., & Mosenthin, R. (2009). Impact of osmoregulatory and methyl donor functions of betaine on intestinal health and performance in poultry. *World's Poultry Science Journal*, 65(03) : 419–442.
- Nasr, J. (2012). Effect of different amino acid density diets on lysine, methionine and protein efficiency in Arian broiler. *Italian Journal of Animal Science*, 11 : 54–57.
- Nofal, M. E., Galal, M. A., Mousa, S. M. M., Yassein, D. M. M., & Bealsh, A. M. A. (2015). Effect of dietary betaine supplementation on productive,

- physiological and immunological performance and carcass characteristic of growing developed chicks under the condition of heat stress. *Egyptian Poultry Science Journal*, 5623(35) : 237–259.
- Nutrition Research Council. (1994). *Nutrient Requirements of Poultry* (9th ed.). Washington DC: National Academic Press.
- Pillai, P. B., Fanatico, a C., Beers, K. W., Blair, M. E., & Emmert, J. L. (2006). Homocysteine remethylation in young broilers fed varying levels of methionine, choline, and betaine. *Poultry Science*, 85(1) : 90–95.
- Ratriyanto, A., Indreswari, R., Dewanti, R., & Sofyan, A. (2012). Kecernaan nutrien dan rasio efisiensi protein pada puyuh (*Coturnix coturnix japonica*) yang diberi pakan tinggi metionin dengan suplementasi betain. In E. Marlina (Ed.), *Prosiding Seminar Nasional Peternakan Berkelanjutan ke-4* (pp. 146–150). Bandung: Fakultas Peternakan, Universitas Padjadjaran.
- Ratriyanto, A., Indreswari, R., & Nuhriawangsa, A. M. P. (2017). Effects of dietary protein level and betaine supplementation on nutrient digestibility and performance of Japanese quails. *Revista Brasileira de Ciencia Avicola*, 19(3) : 445–454.
- Ratriyanto, A., Indreswari, R., & Sunarto. (2014). Effects of protein levels and supplementation of methyl group donor on nutrient digestibility and performance of broiler chickens in the tropics. *International Journal of Poultry Science*, 13(10) : 575–581.
- Ratriyanto, A., & Mosenthin, R. (2018). Osmoregulatory function of betaine in alleviating heat stress in poultry. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, In Press. <https://doi.org/10.1111/jpn.12990>
- Ratriyanto, A., Mosenthin, R., Bauer, E., & Eklund, M. (2009). Metabolic, osmoregulatory and nutritional functions of betaine in monogastric animals. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 22(10) : 1461–1476.
- Sakomura, N. K., Barbosa, N. A. A., Longo, F. A., da Silva, E. P., Bonato, M. A., & Fernandes, J. B. . (2013). Effect of dietary betaine supplementation on the performance, carcass yield, and intestinal morphometrics of broilers submitted to heat stress. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 15(2) : 105–112.
- Spreeuwenberg, M., Hees, H. M. J., Smits, C. H. M., Paterson, J. E., & Barker, J. A. (2007). The effect of betaine supplementation on growth performance of piglets raised under sub-optimal management conditions. *Manipulating Pig Production XI*, 14(2005), 186.
- Steel, R. G. D., & Torrie, J. H. (1995). *Prinsip dan Prosedur Statistik* (2nd ed.). Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Sun, H., Yang, W. R., Yang, Z. B., Wang, Y., Jiang, S. Z., & Zhang, G. G. (2008). Effects of betaine supplementation to methionine deficient diet on growth performance and carcass characteristics of broilers. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 3(3) : 78–84.

Waldroup, P. W., & Fritts, C. A. (2005). Evaluation of separate and combined effects of choline and betaine for male broilers. *International Journal of Poultry Science*, 4(7) : 442–448.

Zulkifli, I., Mysahra, S. A., & Jin, L. Z. (2004). Dietary supplementation of betaine (Betafin (R)) and response to high temperature stress in male broiler chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 17(1) : 244–249.