

**JURNAL SAINS DAN TEKNOLOGI INDUSTRI PETERNAKAN**

**POTENSI KUNYIT (*CURCUMA DOMESTICA VAL.*) DAN *INDIGOFERA ZOLLINGERIANA* SEBAGAI SUMBER ANTIOKSIDAN DALAM PAKAN**

**M. Ilahude<sup>a</sup>, S. Purwanti<sup>b\*</sup>, J. A. Syamsu<sup>b</sup>**

<sup>a</sup>Fakultas Peternakan, Universitas Halu Oleo.

<sup>b</sup>Departemen Nutrisi dan Makanan Ternak, Fakultas Peternakan, Universitas Hasanuddin. Kota Makassar  
902445, Indonesia

*Article history:*

Received: 30-11-2023

Revised: 22-08-2024

Accepted: 23-08-2024

Corresponding author:

Sri Purwanti

Departemen Nutrisi dan Makanan

Ternak, Fakultas Peternakan,

Universitas Hasanuddin

Email: [sripurwanti@unhas.ac.id](mailto:sripurwanti@unhas.ac.id)

**ABSTRAK:** Tujuan penelitian yaitu untuk mengetahui seberapa besar aktivitas antioksidan yang terkandung dalam tepung *Indigofera zollingeriana*, kunyit dan kombinasi keduanya untuk dimanfaatkan sebagai alternatif *feed additive* pada unggas. Metode yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 6 perlakuan dan 3 ulangan perlakuan tersebut terdiri dari : P0 : Vitamin C, P1 : Tepung *Indigofera* 100%, P2 : Kunyit 100%, P3 : Tepung *Indigofera* 25% + Kunyit 75%, P4 : Tepung *Indigofera* 50% + Kunyit 50%, P5 : Tepung *Indigofera* 75% + Kunyit 25%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh sangat nyata ( $P < 0,01$ ) terhadap aktivitas antioksidan dengan nilai aktivitas antioksidan P0 : 97,12%, P1 : 26,34%, P2: 79,27%, P3 : 78,60%, P4 : 75,5%, P5 : 58,10%. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan 100% tepung kunyit memiliki aktivitas antioksidan yang tertinggi, sedangkan penggunaan tepung *Indigofera zollingeriana* (100%) tidak direkomendasikan karena memiliki aktivitas antioksidan yang rendah. Kombinasi tepung *Indigofera zollingeriana* 25% + kunyit 75% dapat digunakan sebagai alternatif *feed additive* dan memiliki nilai aktivitas antioksidan yang tinggi dibandingkan dengan kombinasi lainnya.

Kata kunci: Antioksidan, *Feed additive*, *Indigofera zollingeriana*, Kunyit

**ABSTRACT:** The aim of the research is to find out how much antioxidant activity is contained in *Indigofera zollingeriana* flour, turmeric and a combination of the two to be used as an alternative feed additive for poultry. The method used was a Completely Randomized Design (CRD) consisting of 6 treatments and 3 replications of treatments consisting of: P0: Vitamin C, P1: 100% *Indigofera* Flour, P2: 100% Turmeric, P3: 25% *Indigofera* Flour + 75% Turmeric. %, P4: 50% *Indigofera* Flour + 50% Turmeric, P5: 75% *Indigofera* Flour + 25% Turmeric. The results showed that the treatment had a very significant effect ( $P < 0.01$ ) on antioxidant activity with antioxidant activity values P0: 97.12%, P1: 26.34%, P2: 79.27%, P3: 78.60%, P4: 75.5%, P5: 58.10%. Based on the research results, it can be concluded that 100% turmeric flour has the highest antioxidant activity, while the use of *Indigofera zollingeriana* flour (100%) is not recommended because it has low antioxidant activity. The combination of *Indigofera zollingeriana* flour 25% + turmeric 75% can be used as an alternative feed additive and has a high antioxidant activity value compared to other combinations.

Keywords: Antioxidant, *Feed additive*, *Indigofera zollingeriana*, Turmeri

## PENDAHULUAN

Sektor perunggasan merupakan salah satu bidang terpenting di peternakan untuk memenuhi kebutuhan pangan, utamanya sebagai penghasil protein hewani. Unggas terkenal mudah untuk dipelihara namun juga memiliki kekurangan yang mudah terserang penyakit. Salah satu penyakit yang banyak menyerang sektor perunggasan yaitu heat stress atau cekaman panas dan dingin yang terjadi saat proses pemindahan ternak atau saat terjadi peningkatan suhu lingkungan. Tingginya suhu lingkungan dapat menyebabkan terjadinya cekaman oksidatif dalam tubuh, sehinggamenimbulkan munculnya radikal bebas yang berlebihan (Miller *et al.* 1993;Aruoma 1999) . Hal ini dapat mengakibatkan penurunan produktivitas ternak, sehingga diperlukan penambahan suplemen/ *feed additive* pada pakan untuk mencegah cekaman panas tersebut.

*Feed additive* merupakan suatu bahan atau kombinasi bahan pakan pelengkap yang digunakan dengan jumlah kecil dalam ransum pakan ternak sebagai sumber vitamin, mineral, antibiotik. Fungsi *feed additive* yaitu sebagai pemicu pertumbuhan dan meningkatkan efisiensi pakan pada ayam, umumnya *feed additive* ini berasal dari produk komersial (sintesis) yang kurang terjamin aspek keamanannya, sehingga terjadi residu bahan kimia, antibiotik, hormon dan lain-lain pada produk hasil ternak (Rahayu dan Budiman, 2016). Salah satu tanaman rempah dan obat yang dapat dijadikan sebagai *feed additive* untuk ternak yaitu kunyit. Kunyit memiliki kandungan kurkumin yang dapat dimanfaatkan sebagai senyawa antioksidan (Purba dan Martosupono, 2009).

Antioksidan merupakan senyawa yang mampu memadamkan reaksi oksidasi, karena antioksidan mampu memutuskan rantai reaksi dalam oksidasi atau menstabilkan senyawa radikal hasil oksidasi (Zulkarnain 2010). Antioksidan dapat berupa enzim (misalnya superoksida dismutase atau SOD, katalase dan glutathion peroksida), vitamin (misalnya vitamin E, C, A dan  $\beta$ -karoten), dan senyawa lain yang berasal dari tanaman (misalnya flavonoid, albumin, bilirubin, seruloplamin dan lain-lain) (Winarsi, 2007). Antioksidan bisa berasal dari dalam tubuh maupun asupan nutrisi yang terkandung dalam

suatu bahan pangan/pakan. Beberapa jenis bahan pakan yang dapat digunakan sebagai antioksidan yaitu daun *Indigofera* dan kunyit.

*Indigofera zollingeriana* merupakan salah satu jenis tanaman legum yang sangat berpotensi sebagai pakan karena kandungan nutrisinya yang cukup baik, sedangkan kunyit adalah salah satu tanaman yang banyak digunakan oleh sektor perunggasan saat ini sebagai obat tradisional. Kedua tanaman ini memiliki kandungan yang dapat dimanfaatkan sebagai antioksidan. Tepung pucuk *Indigofera zollingeriana* memiliki bahan aktif berupa  $\beta$ - karoten yang berpotensi sebagai antioksidan, sedangkan kunyit memiliki senyawa kurkumin dan minyak atsiri yang dapat berperan sebagai antioksidan, antitumor, antikanker, antimikroba dan antiracun. Berbagai pendapat menyatakan bahwa kedua tanaman tersebut memiliki kandungan antioksidan yang tinggi, akan tetapi belum diketahui aktivitas antioksidan dari kombinasi kedua tanaman tersebut. Hal inilah yang melatarbelakangi dilakukannya penelitian.

## BAHAN DAN METODE

### Materi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret sampai April 2018 di Laboratorium Bioteknologi Terpadu Fakultas Peternakan, Universitas Hasanuddin, Makassar. Materi yang digunakan pada penelitian ini adalah timbangan analitik, gelas kimia, labu ukur, pipet, rak tabung, oven, blender, sendok, tabung reaksi, spektrofotometer visibel. Bahan utama penelitian ini terdiri atas tepung *Indigofera zollingeriana* dan kunyit, larutan DPPH 0,4 mM, methanol, aluminium foil, vitamin C sintetik.

### Metode Penelitian

Rancangan yang digunakan yaitu Rancangan Acak Lengkap yang terdiri dari 6 perlakuan dan 3 ulangan perlakuan ini terdiri dari:

- P0 : Vitamin C
- P1 : Tepung *Indigofera zollingeriana* 100% ( $\beta$ - karoten)
- P2 : Kunyit 100% (Kurkumin dan minyak atsiri)
- P3 : Tepung *Indigofera zollingeriana* 25% + Kunyit 75%

- P4 : Tepung *Indigofera zollingeriana* 50% + Kunyit 50%
- P5 : Tepung *Indigofera zollingeriana* 75% + Kunyit 25%

#### Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian yang dilakukan yaitu menyediakan bahan utama yang akan digunakan, diantaranya adalah kunyit dan *Indigofera zollingeriana*. Kunyit yang digunakan diperoleh dari pasar tradisional. Proses pembuatan tepung diawali dengan pencucian kunyit hingga bersih menggunakan air mengalir, yang kemudian diiris kecil-kecil dan dioven menggunakan 60°C selama 1 hari dan diblender sampai menjadi tepung. Sedangkan *Indigofera zollingeriana* yang digunakan diperoleh dari Kebun Pasture Fakultas Peternakan Universitas Hasanuddin. Proses pembuatan tepung diawali dengan pemanenan pucuk daun *Indigofera*, selanjutnya daun dipisahkan dari tangkainya yang kemudian dijemur hingga kering dan digiling sampai menjadi tepung.

#### Pelaksanaan Penelitian

##### 1. Pembuatan larutan DPPH 0,4 mM

Pengujian aktivitas antioksidan tepung *Indigofera zollingeriana* dan kunyit dilakukan dengan metode DPPH, karena metode ini sangat sederhana, cepat dan tidak membutuhkan banyak reagen seperti pada metode lainnya. 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) merupakan radikal sintetik yang larut dalam pelarut polar seperti metanol dan etanol atau dapat dikatakan DPPH adalah radikal yang stabil yang dapat diukur intensitasnya pada panjang gelombang 515 nm (Rohman & Riyanto, 2005). Metode DPPH dicirikan sebagai radikal bebas yang stabil karena adanya delokalisasi dari elektron cadangan yang melingkupi seluruh molekul, sehingga molekul tersebut tidak dapat mengalami dimerisasi seperti yang terjadi pada senyawa radikal bebas lainnya. Delokalisasi ini menimbulkan warna ungu tua yang merupakan karakteristik dari absorpsi larutan etanol yang titik pusatnya berkisar 520 nm (Molyneux, 2004).

Larutan DPPH 0,4 mM dibuat dengan cara menimbang DPPH sebanyak 0,0157 gram dilarutkan dengan sedikit metanol p.a dalam gelas kimia kemudian dimasukkan ke dalam labu

ukur 100 mL, lalu dicukupkan volumenya dengan metanol p.a hingga tanda batas.

##### 2. Pembuatan larutan stok 1000 ppm

Tepung *Indigofera zollingeriana* dan kunyit sebanyak 10 mg dilarutkan dengan metanol p.a dalam gelas kimia lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL sambil dihomogenkan dan dicukupkan volumenya dengan metanol p.a hingga tanda batas.

##### 3. Pengukuran aktivitas antioksidan

Pengujian aktivitas antioksidan sampel dilakukan dengan memipet larutan stok 1000 ppm berturut-turut 100 µL, 200 µL, 300 µL, 400 µL, dan 500 µL, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 5 mL yang dibungkus aluminium foil dan ditambahkan 1 mL DPPH 0,4 mM dan dicukupkan volumenya dengan metanol p.a hingga tanda batas, sehingga diperoleh konsentrasi berturut-turut 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm dan 250 ppm. Campuran dihomogenkan kemudian ditutup dan didiamkan selama 30 menit. Selanjutnya diukur absorbannya dengan *spektrofotometer visibel* pada panjang gelombang 515 nm.

Aktivitas penangkap radikal DPPH (%) dihitung dengan rumus berikut (Wahdaningsih *et al.* 2011) :

$$\% \text{ Aktivitas Antioksidan} = \frac{(\text{Absorbansi blanko} - \text{Absorbansi sampel})}{(\text{Absorbansi blanko})} \times 100$$

Abs. Blanko : absorban dari larutan DPPH 0,4 mM

Abs. Sampel : absorban dari setiap seri konsentrasi

#### Analisa Data

Analisis data penelitian ini menggunakan analisis ragam berdasarkan Rancangan Acak Lengkap, dan jika perlakuan menunjukkan pengaruh nyata dilanjutkan dengan uji Duncan (Gaspersz, 1991).

### HASIL

Berdasarkan penelitian yang dilakukan diperoleh rata-rata aktivitas antioksidan pada berbagai perlakuan kombinasi Tepung *Indigofera zollingeriana* dan Kunyit, seperti terlihat pada Tabel 1.

Berdasarkan analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh sangat nyata ( $P < 0,01$ ) terhadap aktivitas antioksidan, dimana beberapa perlakuan menunjukkan nilai aktivitas antioksidan yang tinggi. Perlakuan P0

Tabel 1. Rata-rata Aktivitas Antioksidan pada berbagai Perlakuan Kombinasi Tepung *Indigofera zollingeriana* dan Kunyit

Perlakuan	Nilai Antioksidan (%)
P0 ( Vitamin C 100%)	97,12 <sup>f</sup> ± 0,85
P1 ( Tepung <i>Indigofera zollingeriana</i> 100%)	26,34 <sup>a</sup> ± 0,98
P2 (Kunyit 100%)	79,27 <sup>e</sup> ± 0,47
P3 (Tepung <i>Indigofera zollingeriana</i> 25% + Kunyit 75%)	78,60 <sup>d</sup> ± 0,90
P4 (Tepung <i>Indigofera zollingeriana</i> 50% + Kunyit 50%)	75,50 <sup>c</sup> ± 1,22
P5 (Tepung <i>Indigofera zollingeriana</i> 75% + Kunyit 25%)	58,10 <sup>b</sup> ± 0,88

Keterangan : superscript berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan sangat nyata (P<0,01).

menunjukkan nilai antioksidan tertinggi yaitu 97,12%, hal ini dikarenakan pada perlakuan P0 yang digunakan sebagai kontrol positif yaitu vitamin C sintetik. Vitamin C bermanfaat untuk membantu sistem tubuh untuk melawan bibit penyakit yang masuk dan meningkatkan kerja metablosime tubuh serta menjaga dari stress. Vitamin C (Asam askorbat) dikenal sebagai antioksidan yang kuat dan bersifat larut dalam air sehingga dapat menangkal radikal bebas (Verma *et al.* 2007).. Vitamin C ini berfungsi sebagai pertahanan pertama tubuh dalam melawan radikal bebas, dan juga melindungi protein dan membran lipid dari stress oksidatif (Hiue *et al.* 2022).

Pada Tabel 1 perlakuan P1 dan P2 yaitu penggunaan sampel 100% menunjukkan bahwa aktivitas antioksidan tertinggi terdapat kunyit sebanyak 79,72% dan Tepung *Indigofera zollingeriana* 26,34%. Hal ini membuktikan bahwa kurkuminoid pada kunyit dan β-karoten pada tepung *Indigofera zollingeriana* memiliki aktivitas antioksidan. Hal ini sesuai dengan pendapat Hartati dan Balitro (2013) yang menyatakan bahwa kurkumin dilaporkan merupakan antioksidan yang kuat dengan daya antioksidan 8 kali lebih kuat dibandingkan dengan vitamin E. Ditambahkan pendapat Palupi *et al.* (2014) mengenai tepung pucuk *Indigofera* sp yang dapat digunakan sebagai bahan pakan sumber vitamin karena memiliki kandungan vitamin A, D, E dan K serta bahan aktif berupa β-karoten yang berpotensi sebagai antioksidan untuk ternak. Penggunaan senyawa tunggal β-karoten sebagai antioksidan kurang efektif dibandingkan bila dikombinasikan dengan unsur lain. Hal ini dikarenakan β-karoten memerlukan bantuan dari senyawa lain untuk menstabilkan radikal bebas β-karoten. Hal ini sesuai dengan pendapat Astawan dan Kasih (2008) bahwa β-

karoten yang dikonsumsi berbarengan dengan vitamin C dan vitamin E berdasarkan penelitian terbukti dapat meningkatkan kemampuan antioksidan apabila dibandingkan dengan mengkonsumsi β-karoten secara tunggal. Vitamin C dapat membantu menstabilkan radikal bebas β-karoten, vitamin C yang telah berubah menjadi radikal bebas selanjutnya distabilkan oleh antioksidan alami tubuh yaitu glutathione.

Nilai aktivitas antioksidan pada perlakuan kombinasi P3 (Tepung *Indigofera zollingeriana* 25% + Kunyit 75%), P4 (Tepung *Indigofera zollingeriana* 50% + kunyit 50%), P5 (Tepung *Indigofera zollingeriana* 75% + kunyit 25%) menunjukkan penurunan aktivitas antioksidan secara berturut-turut. Penurunan ini terjadi dengan seiring menurunnya persentase kunyit yang digunakan. Hal ini membuktikan bahwa kurkumin yang ada pada kunyit memiliki aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan dari β-karoten yang ada pada tepung *Indigofera zollingeriana*. Hal ini sesuai dengan pendapat Natalina *et al.* (2009) bahwa β-karoten sangat berpotensi sebagai antioksidan, meskipun sifatnya kurang stabil dan mudah terdegradasi apabila terkena cahaya ataupun oksigen sehingga mempengaruhi aktivitas antioksidannya. Sedangkan kurkumin memiliki aktivitas antioksidan kuat dan sifatnya yang lebih stabil dibanding β-karoten. Kurkuminoid yang terkandung dalam kunyit termasuk dalam golongan fenol yang dapat bermanfaat sebagai antioksidan. Kadar fenol merupakan salah satu komponen yang dapat mempengaruhi antioksidan, semakin tinggi kadar fenilok maka semakin tinggi aktivitas antioksidan (Maizura *et al.* 2011). Kandungan kurkumin pada kunyit bermanfaat dalam meningkatkan produksi dan bobot hidup ayam (Adha *et al.* 2016). Kurkuminoid dapat berfungsi dalam merangsang dinding empedu

dalam mengeluarkan cairan empedu (Pratikno, 2010), merangsang keluarnya getah pancreas (Alipin *et al.* 2016), memacu pertumbuhan, meningkatkan produktivitas, menjagakesehatan ternak serta efisiensi produksi (Muliani, 2015). Sedangkan minyak atsiri dapat berfungsi sebagai kalagoga (dapat meningkatkan sekresi cairan empedu) (Masni *et al.* 2010), mempercepat pengosongan lambung (Nurhayati *et al.* 2015) sehingga dapat meningkatkan konsumsi pakan dan penambahan bobot badan.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan tepung kunyit (100%) memiliki aktivitas antioksidan yang tertinggi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai alternatif *feed additive*. Sedangkan penggunaan tepung *Indigofera zollingeriana* (100%) tidak direkomendasikan, karena memiliki aktivitas antioksidan yang rendah. Kombinasi tepung *Indigofera zollingeriana* 25% + kunyit 75% direkomendasikan sebagai alternatif *feed additive* dan memiliki nilai aktivitas antioksidan yang tinggi dibandingkan dengan kombinasi tepung *Indigofera zollingeriana* 50% + kunyit 50%, dan tepung *Indigofera zollingeriana* 75% + kunyit 25%).

### DAFTAR PUSTAKA

- Adha, R. U., T. Widjastuti, & Abun. 2016. Pengaruh penambahan tepung kunyit (*Curcuma domestica val*) dalam ransum terhadap performan ayam betina sentul putih pada periode grower (8-16 minggu). Vol. 6, No.1.
- Alipin K, R. Safitri dan R. Kartasudjana. 2016. Suplementasi probiotik dan temulawak pada ayam pedaging terhadap populasi *Salmonella sp* dan kolesterol darah. Fmipa Unpad, *Jurnal Veteriner*, 17(4): 582-586.
- Aruoma O.I. 1999. free radicals, antioxidants and international nutrition. *Asia Pacific. J. Ciin. Nutr.* 8:53-63
- Astawan. M., & A. L. Kasih. 2008. Khasiat Warna-warni Makanan. Jakarta. Gramedia.
- Gaspersz. 1991. Teknik Analisis dalam Penelitian Percobaan. Bandung. Tarsito.
- Hartati. S. Y dan Balitro. 2013. Khasiat kunyit sebagai obat tradisional dan manfaat lainnya. Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri.
- Hieu T.V, B. Guntoro, N. H. Qui, N.T. K. Quyen and F. A. Al Hafiz. 2022. The application of ascorbic as a therapeutic *feed additive* to boost immunity and antioxidant activity of poultry in heat stress environment. *Vet. World*, 15(3): 685-693
- Maizura M., A. Aminah dan W.M Alda. 2011. Total phenolic content and antioxidant activity of kesum (*Polygonum minus*), ginger (*Zingiber officinale*) and tumeric (*Curcuma longa*) extract. *International Food Research Journal*. 18: 526-531.
- Masni., A. Ismanto, & M. Belgis. 2010. Pengaruh penambahan kunyit (*Curcuma domestica val*) atau temulawak (*Curcuma xanthorrhiza Roxb*) dalam air minum terhadap persentase dan kualitas organoleptik karkas ayam broiler. *Jurnal Teknologi Pertanian, Universitas Mulawarman*, 6(1): 7-14.
- Miller J.K, E.B. Slebodzunska and F.C. Madsen. 1993. Oxidative stress, antioxidant and animal function. *J. Dairy Sci*, 76: 2812-2823
- Molyneux. P. 2004. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarinn, J. Sci. Technol.* 26 (2) : 211-219.
- Muliana H. 2015. Effect of tumeric (*Curcuma domestica Vahl.*) extract on broiler blood cholesterol levels. *Jurnal Sains dan Matematika*, 23(4): 107-111.
- Natalina. E., P. Rahayu, Sulistyowati, & L. Limantara. 2009. Fotoproteksi kurkumin terhadap betakaroten pada berbagai nisbah molar serta aktivitas antioksidan. *Jurnal Natur Indonesia*. 12(1) : 1-8.
- Nurhayati, Wirawati dan D.D. Putri. 2015. Penggunaan produk fermentasi dan kunyit dalam pakan terhadap performan ayam pedaging dan income over feed and chick cost. *J. Zootek*, 35(2): 379-389.
- Palupi., Abdullah, Astuti & Sumiati. 2014. Potensi dan pemanfaatan tepung pucuk *Indigofera sp* sebagai bahan pakan substitusi bungkil kedelai dalam ransum ayam broiler. *JITV*. 19 (3) : 210-219.

- Pratikno H. 2010. Pengaruh ekstrak kunyit (*Curcuma domestica Val*) terhadap bobot badan ayam broiler (*Gallus sp*). *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 18(2): 39-46.
- Purba E. R dan M. Martosupono. 2009. Kurkumin sebagai senyawa antioksidan. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Pendidikan Sains*, 3: 607-621.
- Rahayu. I., & C. Budiman. 2016. Pemanfaatan tanaman tradisional sebagai *feed additive* dalam upaya menciptakan budidaya ayam lokal ramah lingkungan. *Lokakarya Nasional Inovasi Teknologi Pengembangan Ayam Lokal*.
- Verma R.S, A. Mehta and N. Srivastava. 2007. In vivo chlorpyrifos induced oxidative stress: attenuation by antioxidant vitamins. *Pestic. Biochem. Phys*, 88(2): 191-196.
- Wahdaningsih. S., E. P. Setyowati, & S. Wahyuono. 2011. Aktivitas penangkap radikal bebas dari batang pakis (*Alsophila glauca J. Sm*). *Majalah Obat Tradisional*, 16(3) : 156-160.
- Winarsi. H. 2007. Antioksidan Alami dan Radikal Bebas. Yogyakarta. Kanisius.
- Zulkarnain D. 2010. Seuplementasi tepung kunyit (*Curcuma domestica val*) sebagai bahan antioksidan dalam ransum terhadap persentase karkas dan lemak abdominal ayam broiler. *AGRIPLUS*, 20(1): 42-47