

Review: Penggunaan Sorgum sebagai Bahan Pakan Sumber Energi Pengganti Jagung dalam Ransum Ayam Pedaging

The Use of Sorghum as Corn Replacer for Energy Resources Feedstuff in Broiler Chicken Diet; A Review

C. Hidayat*

Balai Penelitian Ternak, PO Box 221, Bogor, 16720 - Indonesia

*Corresponding E-mail: hidayat_c2p@yahoo.com

(Diterima: 22 Agustus 2021 ; Disetujui: 4 Oktober 2021)

ABSTRAK

Jagung banyak digunakan menjadi sumber energi utama dalam formulasi ransum ayam broiler. Penggunaan jagung untuk pakan berkompetisi dengan penggunaan untuk pangan dan energi (*biofuel*). Perlu alternatif bahan pakan pengganti jagung untuk mendukung produksi ayam pedaging di Indonesia. Sorgum diidentifikasi sebagai tanaman yang potensial dapat menggantikan jagung karena kemiripan komposisi gizinya dengan jagung. Review ini ditulis dengan tujuan untuk mengevaluasi penggunaan sorgum untuk sumber energi dalam pakan ayam broiler sebagai pengganti jagung. Sorgum dapat digunakan menjadi sumber energi yang paling banyak digunakan pada formulasi ransum ayam pedaging. Kandungan gizi sorgum hampir sama dengan kandungan gizi pada jagung. Hasil uji biologis substitusi jagung oleh sorgum dalam formulasi pakan ayam broiler menunjukkan bahwa sorgum memperlihatkan sebagai bahan pakan yang mampu mensubstitusi jagung sampai 100%.

Kata kunci: sorgum, jagung, ayam pedaging

ABSTRACT

Corn is the primary source of energy used in poultry feed. The use of maize for feed competes with the use for food and energy (biofuel). There is a need for an alternative feed ingredient to substitute corn to support broiler production in Indonesia. Sorghum has been identified as a potential plant to replace maize because of its similar nutritional composition to corn. This study aims to evaluate sorghum as an energy source to replace corn in the broiler diet. Sorghum has the potential to be used as an energy source for the broiler diet. The nutritional content of sorghum is almost the same as the nutritional content in corn. The results of biological tests on the substitution of maize by the sorghum in broiler diet showed that sorghum was shown to be a feed ingredient capable of substituting corn up to 100%.

Keywords: sorghum, corn, broilers

PENDAHULUAN

Kontribusi daging ayam terhadap ketersediaan protein komoditas daging mencapai 57,2% (Republika, 2021). Tingginya kontribusi daging ayam tersebut menyebabkan suplai daging ayam menjadi sangat berpengaruh besar dalam stabilitas penyediaan kebutuhan protein hewani di Indonesia. Sama dengan produksi peternakan ternak

lainnya, biaya terbesar dalam menjalankan produksi peternakan ayam pedaging adalah dikeluarkan untuk biaya penyediaan makanan ternak, yaitu mencapai 70% dari keseluruhan biaya yang harus dikeluarkan. Oleh karena itu, harga bahan pakan akan sangat berkaitan dengan besaran biaya produksi yang harus dikeluarkan. Harga bahan pakan yang mahal, tentunya akan menghasilkan biaya produksi juga yang tidak ekonomis. Komponen bahan

pakan tertinggi pada pakan ayam pedaging adalah jagung. Penggunaan jagung sebagai bahan pakan sumber energi utama untuk pakan ayam broiler, tingkat penggunaannya mencapai 45-55% dalam ransum (Bagheri *et al.*, 2011). Tingginya kontribusi jagung dalam pakan ayam pedaging, mengakibatkan harga jagung sangat menentukan harga pakan ayam pedaging. Laporan Republika (2021), harga jagung naik 43,9% dalam satu tahun terakhir. Tentunya, kenaikan harga jagung terus menerus akan menjadi masalah serius dalam industri pakan ayam pedaging, sehingga akan berdampak langsung terhadap kelangsungan produksi daging ayam pedaging, yang mana ujungnya akan berpengaruh pula terhadap harga dan ketersediaan daging ayam di masyarakat.

Penggunaan jagung untuk pakan memang berkompetisi dengan penggunaannya untuk pangan dan sumber energi terbarukan (*biofuel*), yang menyebabkan harganya terus naik. Oleh karena itu, banyak penelitian yang meneliti alternatif penggunaan sumber lain untuk mensubstitusi bahkan menggantikan jagung sebagai sumber energi dalam formulasi ransum ayam broiler, salah satunya adalah penggunaan sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) *Moench*). Sorgum diidentifikasi sebagai jenis tanaman yang mampu menggantikan jagung karena kemiripan komposisi gizinya dengan jagung (Getachew *et al.*, 2016). Penggunaan sorgum untuk konsumsi manusia relatif lebih rendah dibandingkan dengan jagung (Xiong *et al.*, 2019). Oleh karena itu, sorgum dianggap sebagai bahan pakan sumber energi alternatif yang potensial. Dasar-dasar teori ilmu nutrisi unggas yang mendukung kemampuan sorgum dalam menggantikan jagung sebagai bahan pakan sumber energi adalah; pertama, sorgum memiliki komposisi kimiawi yang mirip dengan jagung (Saleh *et al.*, 2019). Kedua, kecernaan zat gizi pada sorgum dilaporkan lebih baik dibandingkan dengan jagung (Thomas *et al.*, 2018). Ketiga, hasil pengujian uji biologis sorgum dalam pakan ayam pedaging mampu menghasilkan performa ayam pedaging yang sama baiknya

ketika ayam pedaging diberi pakan berbasis jagung (Liu *et al.*, 2015).

Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) *Monch*) adalah jenis tanaman sereal yang tahan terhadap kekeringan, serta dapat diproduksi di seluruh dunia. Sorgum dapat beradaptasi pada tanah dengan kualitas rendah (Sarshad *et al.*, 2021). Dibandingkan dengan jagung, biji sorgum memiliki kadar protein lebih tinggi, sedangkan kandungan energi atau lemak sorgum relatif lebih rendah dibanding jagung (Saleh *et al.*, 2019). Profil asam amino sorgum hampir sama dengan jagung. Kandungan asam amino lisin yang dapat dicerna pada sorgum juga mirip dengan yang terdapat pada jagung (Belay, 2018). Sorgum telah dikembangkan di Indonesia. Dewi dan Yusuf (2017) mengatakan bahwa varietas sorgum untuk pakan ternak sudah dikembangkan di Indonesia, seperti NTT, NTB, Jawa Timur, Jawa Tengah, dan Yogyakarta (Sirappa, 2003).

Untuk menguji pengaruh pergantian jagung oleh sorgum dalam pakan ayam pedaging, banyak penelitian sudah dilakukan untuk mengevaluasi sejauh mana dampaknya terhadap performa ayam pedaging. Pada beberapa negara, sorgum telah banyak digunakan sebagai bahan pakan pengganti jagung, seperti di Amerika dan Asia (Ramatoulaye *et al.*, 2016). Ayam pedaging merupakan pemasok utama daging nasional. Berdasarkan data Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan tahun 2020 melaporkan bahwa kapasitas produksi daging ayam broiler mencapai angka 70% dari produksi daging nasional (Statistika Peternakan, 2020). Oleh karena itu maka produksi daging ayam ras pedaging (broiler) menjadi tumpuan utama dalam mensuplai kebutuhan daging di masyarakat. Untuk menopang produksi daging ayam nasional, jagung menjadi bahan makanan ternak terbesar yang paling banyak digunakan dalam formulasi ransum ayam broiler. Untuk memenuhi kebutuhan jagung nasional, pemerintah Indonesia masih tergantung terhadap impor. Sejak Januari-September 2020, pemerintah Indonesia sudah mengimpor

Tabel 1. Kandungan Gizi (Protein, Energi Metabolis, Ca, P total, P tersedia, Lemak Kasar, dan Serat Kasar) Sorgum dan Jagung

Zat gizi	Sorgum	Jagung
Protein (%)	10,40	8,50
Energi metabolis (MJ/kg)	3.200	3.385
Ca (%)	0,04	0,10
P total (%)	0,96	0,25
P Tersedia	0,32	0,08
Lemak kasar (%)	3,40	4,20
Serat kasar (%)	2,50	2,20

Sumber: Oyarekua and Eleyinmi, 2004; NRC, 1994

jagung sebanyak 911.194 ton atau senilai dengan US\$ 233,47 juta (Kontan, 2020). Hal ini menunjukkan bahwa ketergantungan terhadap impor dalam penyediaan jagung masih tinggi. Atas dasar tersebut, perlu dikaji bahan pakan sumber energi alternatif yang dapat digunakan untuk menggantikan jagung sebagai bahan pakan. Tujuan penulisan review ini adalah untuk mengevaluasi penggunaan sorgum untuk dijadikan sumber energi dalam formulasi ransum ayam broiler pengganti jagung.

PROFIL SORGUM

Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) adalah jenis tanaman yang dapat tumbuh pada suhu 20-30°C di tanah yang subur, kering dan dalam (Videgain-marco *et al.*, 2020). Tanaman sorgum membutuhkan curah hujan 400-800 mm. Tanaman sorgum dapat mentolerir kondisi garam alkali sehingga mampu tumbuh di tanah dengan pH 5,5-8,5. Sorgum dilaporkan dapat tumbuh dilingkungan yang rentan kekeringan, seperti di daerah tropis semi-kering di Afrika dan Asia (Videgain-marco *et al.*, 2012). Tanaman sorgum, secara genetik cocok untuk agroekologi panas dan kering di mana sulit untuk menanam biji-bijian lain (Mundia *et al.*, 2019). Kelebihan sorgum lainnya adalah, sorgum mampu tumbuh di daerah di mana jagung tidak dapat tumbuh (Schlegel *et al.*, 2016). Negara Amerika dan negara maju

lainnya, sudah menggunakan biji sorgum, sebesar 33% dalam produksi ternak mereka (Mundia *et al.*, 2019).

Kandungan Nutrsisi Sorgum dan Perbandingannya dengan Jagung

Berbagai pengamatan mengungkapkan bahwa sorgum mempunyai kandungan nutrisi yang hampir serupa dengan jagung. Perbandingan kandungan gizi (Protein, Energi Metabolis, Ca, P total, P tersedia, Lemak Kasar, dan Serat Kasar) sorgum dengan jagung disajikan oleh Tabel 1. Kandungan gizi sorgum relatif sama dengan kandungan gizi jagung. Kandungan protein, P total dan P tersedia pada sorgum sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan jagung, namun kandungan energi metabolis, kalsium, lemak sorgum sedikit lebih rendah dibandingkan dengan jagung. Kandungan serat kasar sorgum sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan jagung. Hal ini menunjukkan bahwa, profil nutrisi sorgum hampir sama dengan profil nutrisi jagung. Oleh karena itu, kemiripan komposisi antara jagung dan sorgum menjadikan sorghum sebagai tanaman yang potensial untuk menggantikan jagung (Saleh *et al.*, 2019). Karakteristik lingkungan produksi, pengolahan, dan fisikokimia merupakan faktor utama yang mempengaruhi kandungan gizi pada biji sorgum. Varietas sorgum, kondisi iklim dan kondisi tanah, jenis pupuk merupakan faktor-faktor yang bertanggung jawab atas variasi komposisi kimia dalam sorgum (Butchee *et al.*, 2012). Kandungan

Tabel 2. Kandungan asam amino dan persentase pencernaan asam amino sorgum dengan jagung

Asam Amino (%)	Sorgum	Jagung
<i>Lysine</i>	0,22	0,26
<i>Methionine</i>	0,15	0,18
<i>Tryptophan</i>	0,09	0,06
<i>Threonine</i>	0,33	0,29
<i>Isoleucine</i>	0,43	0,29
<i>Leucine</i>	1,37	1,00
<i>Tryosine</i>	0,17	0,30
<i>Phenylalanine</i>	0,52	0,38
<i>Hystidine</i>	0,23	0,23
<i>Cystine</i>	0,11	0,18
<i>Valine</i>	0,54	0,40
Kecernaan Asam Amino (%)		
<i>Lysine</i>	78	81
<i>Methionine</i>	89	91
<i>Threonine</i>	82	84
<i>Isoleucine</i>	88	88
<i>Leucine</i>	94	93
<i>Phenylalanine</i>	91	91
<i>Hystidine</i>	87	-
<i>Cystine</i>	83	-
<i>Valine</i>	87	-
<i>Arginine</i>	74	-

Sumber: Oyarekua and Eleyinmi, 2004; NRC, 1994; Mosse *et al.*, 1988; Adeyeye, 2008

protein sorgum bervariasi dan berkisar antara 10 sampai 6% dengan sekitar 80, 16, dan 3% dari protein masing-masing di endosperm, germ, dan pericarp (Kulamarva *et al.*, 2009). Sumber energi utama dalam sorgum berasal dari pati dengan kandungan 63-74% dalam biji sorgum (Gerrano *et al.*, 2014).

Hasil pengujian daya cerna dengan metode *ileal digestibility* pada ternak monogastrik menemukan bahwa pencernaan protein kasar untuk sorgum lebih tinggi dibandingkan dengan jagung (99 vs 81%) (Thomas *et al.*, 2018). Pati adalah komponen utama (63 hingga 74%) dan menjadi sumber energi utama dalam biji sorgum (Ahmed *et al.*, 2016). Bertoft (2017) mengatakan bahwa granula pati terdiri dari polisakarida linier

yang disebut amilosa (20-30% pati) dan polisakarida bercabang tinggi yang disebut amilopektin (70-80% pati). Butiran pati sorgum dikelilingi oleh matriks protein yang dapat membatasi akses enzim.

Komposisi asam amino dari sorgum dan jagung menunjukkan bahwa asam amino terdistribusi secara merata. Sorgum mengandung asam amino *threonine*, *isoleucine*, *leucine*, *tryosine*, *phenylalanine* dan *valine* yang lebih tinggi dibandingkan dengan jagung. Sementara itu, kandungan asam amino *lysine*, *methionine*, *tryptophan*, *hystidine*, dan *cystine* yang lebih rendah dibandingkan dengan jagung. Sementara itu, pencernaan asam amino untuk jagung dan sorgum hampir mirip untuk sebagian besar asam amino esensial.

Antinutrisi pada Sorgum

Penggunaan sorgum sebagai bahan pakan untuk ayam dibatasi penggunaannya karena mengandung antinutrisi. Beberapa antinutrisi yang terkandung dalam sorgum adalah kafirin, polifenol, fitat, asam fenolat, tanin terkondensasi, glutelin, dan amilosa (Adeyeye, 2008).

Kafirin adalah fraksi protein dominan dalam sorgum yang mewakili sekitar 55% dari total protein dan terdapat dalam endosperm sorgum. Kafirin dapat menghambat penggunaan pati/energi akibat oleh interaksi biofisik dan/atau biokimia antara kafirin dengan pati. Kafirin adalah protein yang sulit dicerna, sehingga menurunkan efisiensi penggunaan energi pakan berbasis sorgum (Castro-Jácome *et al.*, 2020). Hasil beberapa penelitian (Selle *et al.*, 2018; Liu *et al.*, 2015) diketahui bahwa kandungan kafirin dalam sorgum berkisar antara 41,4-67,1 g/kg atau 46,2-51,4% kafirin sebagai protein sorgum. Konsentrasi kafirin secara signifikan berkorelasi negatif dengan nilai ME dan retensi N. Sehingga, kafirin merupakan penghambat penyerapan pati, glukosa, protein, dan asam amino. Tingkat kafirin dalam pakan juga dilaporkan berkorelasi negatif dengan pertambahan bobot badan ayam pedaging (Liu *et al.*, 2015). Mekanisme yang tepat di mana kafirin mengganggu penggunaan energi dikarenakan kafirin sebagian mencegah gelatinisasi pati serta menghalangi akses amilase ke substratnya (Lemlioglu-Austin *et al.*, 2012). Kafirin mengandung kekurangan asam amino, terutama lisin. Kekurangan profil asam amino kafirin diperparah oleh fakta bahwa daya cerna protein/asam amino kafirin rendah karena kafirin bersifat hidrofobik dan sulit larut (Velickovic and Stanic-Vucinic, 2018).

Sorgum mengandung senyawa fenolik, yaitu senyawa total fenolat (3,00-4,68 mg GAE/g), apigeninidin (2,13-14,75 mg/g), asam ferulat terkonjugasi (24,5-38,43 mg/g) dan asam ferulat terikat (183,2-334,8 mg/g) (Shen *et al.*, 2018). Senyawa-senyawa fenolik dalam sorgum menyebabkan efisiensi penggunaan

energi sorgum menjadi berkurang. Koefisien cerna pati di dalam usus halus cenderung berkorelasi negatif dengan senyawa fenolik, termasuk luteolinidin, apigeninidin, total flavonoid, benzoat terkonjugasi, asam kumarat dan vanilik dan asam ferulat terikat (Liu *et al.*, 2016). Berbagai senyawa fenolik secara negatif mempengaruhi efisiensi pemanfaatan energi, koefisien cerna pati, penyerapan glukosa. Senyawa fenolik mudah membentuk kompleks dengan pati (Liu *et al.*, 2015). Tampaknya senyawa fenolik dapat berinteraksi dengan pati melalui ikatan hidrogen, ikatan kovalen melalui gugus karboksil dan hidroksilnya (Munin and Edwards-Lévy, 2011). Interaksi non-kovalen antara pati dan senyawa fenolik dapat mempengaruhi sifat gizi bahan pakan (García-Gurrola *et al.*, 2019). Asam fenolat berperan penting dalam ketahanan pati terhadap hidrolisis (Kandil *et al.*, 2012). Dengan demikian akan terlihat bahwa senyawa fenolik ‘non-tanin’ memiliki potensi untuk menghambat pencernaan pati dan penyerapan glukosa dan, pada gilirannya, menghambat pemanfaatan energi pada unggas (Qaisrani, 2014).

Tanin dilaporkan menurunkan palatabilitas, pemanfaatan protein dan aktivitas enzim pencernaan pada ternak unggas (Huang *et al.*, 2018). Tanin juga menurunkan pemanfaatan karbohidrat dengan membentuk senyawa kompleks yang sulit dicerna oleh hewan monogastrik (Teixeira *et al.*, 2018). Para ahli nutrisi ternak unggas mengatakan bahwa tanin menjadi zat antinutrisi karena mampu mengikat protein, selulosa, hemiselulosa, pektin, fitat, dan mineral untuk membentuk kompleks yang tidak dapat dicerna (Skenjana, 2011). Hasil penelitian telah melaporkan bahwa pakan mengandung tanin dari sorgum mempengaruhi tingkat konsumsi ransum dan efisiensi penggunaan ransum pada ayam pedaging (Sharif *et al.*, 2012). Tanin mampu mengentalkan dan mengendapkan protein (termasuk enzim pencernaan) (Sharif *et al.*, 2012). Persentase tanin pada sorgum diperkirakan sebesar 0,98% dan nilai ini dianggap cukup menyebabkan gangguan

kesehatan pada ternak unggas (Tandieng *et al.*, 2014). Ayam broiler dapat mentolerir konsentrasi tanin pada pakan sampai sebesar 1,35% sebelum kinerja pertumbuhannya menjadi terganggu (Hassan *et al.*, 2020). Untungnya, sebagian besar sorgum yang dibudidayakan tidak mengandung tanin terkondensasi, sehingga sorgum banyak direkomendasikan dapat digunakan sebagai salah satu sumber biji-bijian yang baik digunakan dalam pakan ayam pedaging tanpa berdampak negatif terhadap performa (Liu *et al.*, 2015). Peningkatan 0,1% tanin dalam ransum dapat menyebabkan penurunan 10% dalam pencernaan sebagian besar asam amino, dengan penurunan sebesar dua kali lipat untuk pencernaan asam amino sulfur dan lisin (Velickovic and Stanic-vucinic, 2018). Dalam uji performan pada ayam pedaging, Sudarman *et al.* (2011) melaporkan terjadinya depresi dalam penambahan berat badan, asupan pakan, dan penambahan pakan akibat perlakuan tanin dalam pakan ayam pedaging.

Fitat merupakan senyawa organik yang tersusun dari penyatuan asam fitat dan fosfor dalam biji-bijian sereal. Fitat adalah garam campuran dari asam fitat (*myoinositol hexaphosphate*) yang terdapat pada bahan pakan yang bersumber dari tanaman (Dersjantli *et al.*, 2014). Pencernaan fosfor tumbuhan pada ternak monogastrik berkisar antara 23-69% dengan nilai 42% untuk sorgum (Li *et al.*, 2016). Selain kemampuannya dalam mengikat P (fosfor), sifat anti-nutrisi fitat juga diakibatkan karena kemampuannya untuk membuat kompleks dengan protein dan mineral (Humer *et al.*, 2015). Kandungan fitat-P dalam sorgum berkisar dari 2,1 sampai 2,4 g/kg (Ahmed, 2017). Sorgum mengandung fitat dengan konsentrasi lebih tinggi daripada biji-bijian sereal lainnya (Liu *et al.*, 2015). Fitat juga dilaporkan menunjukkan pengaruh negatif terhadap pemanfaatan pati pada ternak unggas (Humer *et al.*, 2015). Terdapat korelasi negatif yang signifikan antara konsentrasi fitat dalam sorgum dengan nilai ME, pencernaan pati, pada ternak unggas yang diberikan pakan berbasis sorgum (Truong *et al.*, 2015).

Penelitian yang telah dilakukan oleh Liu *et al.* (2012) terkait efek kandungan fitat dan polifenol pada pencernaan pati secara *in vitro* menyimpulkan bahwa fitat dan senyawa fenolik bekerja sama secara bersamaan dalam mempengaruhi pencernaan pati dan penyerapan glukosa pada ayam broiler yang diberi pakan berbasis sorgum. Selain itu, peningkatan fitat dalam pakan sebesar 0,35% dilaporkan mengurangi daya cerna asam amino sebesar 3,6% (Cowieson *et al.*, 2017).

Upaya Peningkatan Nilai Nutrisi Sorgum

Beberapa metode pengolahan sorgum dilaporkan dapat meningkatkan nilai nutrisi sorgum, diantaranya adalah dengan detoksifikasi kimiawi dan mekanis serta suplementasi asam amino dan mineral (Medugu *et al.*, 2012). Pemrosesan biji sorgum dengan menggiling, dibuat pelet, menjadi teknik populer dalam meningkatkan nilai nutrisi sorgum secara fisik sebelum digunakan sebagai bahan pakan unggas (Fernandes *et al.*, 2013).

Bentuk fisik dan perlakuan termal (panas) pada pakan dapat menyebabkan perbaikan dalam penggunaan nutrisi karena daya cerna yang lebih baik dan penyerapan yang meningkat (Teixeira *et al.*, 2019). Selain itu, pakan berbentuk pellet mengakibatkan ayam pedaging berkinerja lebih baik dibandingkan dengan berbentuk mash karena terkait dengan pengeluaran energi selama konsumsi dan jumlah pakan yang terbuang selama konsumsi (Massuquetto *et al.*, 2019). Ukuran, bentuk dan struktur partikel mempengaruhi pencernaan nutrisi (Amerah *et al.*, 2007). Partikel yang lebih kecil mengoptimalkan proses gelatinisasi pati, sehingga mendukung daya cerna bahan pakan (Da Silva *et al.*, 2018). Penggilingan biji sorgum sebelum dicampur ke dalam pakan dianggap meningkatkan kualitas homogenitas pakan, meningkatkan luas permukaan untuk proses degradasi enzimatik (Fernandes *et al.*, 2013). Ukuran saringan 5 mm menghasilkan koefisien pencernaan pati dan protein (N) yang jauh lebih tinggi di usus halus daripada saringan 8 mm (Duodu *et al.*, 2003).

Upaya peningkatan nilai nutrisi sorgum lainnya adalah melalui suplementasi asam amino dan mikro nutrien. Suplementasi sorgum dengan 0,15- 0,30% asam amino metionin atau senyawa kolin dilaporkan mampu mencegah efek negatif tanin (Sell and Rogler, 1984). Penambahan 1-2,5% lemak diperlukan dalam pakan berbasis sorgum dengan kandungan tanin bervariasi untuk mencapai kandungan energi metabolis yang serupa dengan pakan berbasis jagung yang akan diberikan ke ayam pedaging (Rahman dan Osman, 2011).

Penambahan enzim kedalam pakan berbasis sorgum juga dilaporkan mampu meningkatkan nilai nutrisi sorgum. Fitase memberikan manfaat terhadap peningkatan nilai nutrisi pakan ayam broiler yang mengandung sorgum (Selle *et al.*, 2010). Efek penambahan enzim komersial yang berisi campuran pektinase, α -glukanase dan hemiselulase ke dalam ransum berbasis sorgum, memperlihatkan nilai kecernaan ileal digestibility untuk asam amino, mengalami peningkatan 3%, sedangkan nilai ME meningkat lebih dari 6% (Selle *et al.*, 2003). Ini menunjukkan bahwa enzim dapat digunakan untuk meningkatkan nilai nutrisi sorgum. Penambahan enzim fitase pada pakan berbasis sorgum dilaporkan mampu meningkatkan pertambahan bobot badan, kecernaan asam amino, kecernaan pati dan kinerja ayam pedaging (Moss *et al.*, 2020).

Upaya selanjutnya dalam meningkatkan nilai nutrisi sorgum adalah melalui penambahan *sodium metabisulphate*. *Sodium metabisulphate* merupakan senyawa pereduksi yang memiliki kemampuan dalam pengurangan disulphide cross-linkages serta mendepolimerisasi pati melalui reaksi reduktif oksidatif sehingga mampu meningkatkan kelompok sulfidril bebas dan menurunkan ikatan disulfida dalam pakan berbasis sorgum (Truong *et al.*, 2016). Telah dilakukan pula percobaan oleh Truong *et al.* (2016) memberikan laporan bahwa penambahan sodium metabisulphate dalam pakan ayam broiler berbasis sorgum

meningkatkan tingkat penambahan nilai energi metabolis. Penambahan 2,83 g/kg sodium metabisulphate ke dalam apakan berbasis sorgum meningkatkan nilai AMEn dari 11,58 menjadi 11,89 MJ/kg (Truong *et al.*, 2016).

Metode peningkatan nilai nutrisi sorgum selanjutnya adalah dengan penambahan alkali. Alkali mampu menurunkan efek negatif tanin dan meningkatkan nilai gizi sorgum, diantaranya meliputi penggunaan natrium atau kalium hidroksida, natrium bikarbonat, dan abu kayu (Bhat *et al.*, 2013). Penelitian lain yang telah dilakukan oleh Brand *et al.* (1989), memberikan hasil bahwa, penambahan amonia (350g NH₃/kg) pada suhu kamar selama 7 hari mampu menurunkan konsentrasi tanin pada sorgum dengan kadar tanin tinggi. Sementara itu, Mitaru *et al.* (1983) menyarankan penyimpanan sorgum mengandung tanin tinggi pada bahan kering 70% dan pada suhu 25 °C selama 2 hari. Sedangkan, penelitian oleh Kyarisiima *et al.* (2004) menunjukkan pengurangan tanin dengan metode abu kayu, mampu meningkatkan reduksi tanin.

Penggunaan Sorgum sebagai Bahan Pakan dalam Ransum Ayam Pedaging

Untuk menguji kelayakan sorgum untuk digunakan dalam formulasi pakan ayam broiler perlu diketahui melalui uji biologis langsung terhadap ayam pedaging. Sudah banyak dilaporkan penggunaan sorgum sebagai komponen dalam formulasi pakan ayam broiler, terutama dengan penggunaannya sebagai pengganti jagung (Tabel 3). Penggunaan biji sorgum untuk ayam pedaging menunjukkan bahwa biji sorgum tidak memiliki perbedaan yang signifikan terhadap performa. Beberapa peneliti melaporkan bahwa penggunaan biji sorgum untuk ayam pedaging menghasilkan tingkat konsumsi ransum harian (94,00-100,17g), pertambahan bobot badan harian (34,44-43,17g), nilai *Feed Conversion Ratio* (FCR) (2,24-2,94), dan tingkat mortalitas (Mabelebele *et al.*, 2017; Selle *et al.*, 2018; Liu *et al.*, 2015) yang tidak berbeda dengan hasil yang ditunjukkan pada ayam pedaging

Tabel 3. Penggunaan sorgum dalam pakan ayam pedaging dan pengaruhnya terhadap performa

No	Perlakuan	Hasil/Kesimpulan	Pustaka
1.	Penggantian jagung oleh sorgum, dengan tingkat substitusi; R1 (0%), dan R2 (50%).	Pertambahan Bobot Hidup (PBH) dan FCR (<i>Feed Conversion Ratio</i>) umur 1-42 hari tidak berbeda nyata antara R1 vs R2.	Torres <i>et al.</i> , 2013
2.	Penggantian jagung oleh sorgum, dengan tingkat substitusi; R1 (0%), dan R2 (100%).	Penggantian jagung dengan sorgum memberikan pengaruh yang sama terhadap performa (konsumsi ransum, bobot hidup, FCR, mortalitas) ayam pedaging umur 1-42 hari.	Fernandes <i>et al.</i> , 2013
3.	Penggantian jagung oleh sorgum, dengan tingkat substitusi; R1 (0%), dan R2 (100%).	Penggantian jagung dengan sorgum memberikan pengaruh yang sama terhadap bobot hidup ayam pedaging umur 1-7 minggu	Alwan, 2012
4.	Penggantian jagung oleh sorgum, dengan tingkat substitusi; R1 (0%), dan R2 (100%).	Penggantian jagung dengan sorgum memberikan pengaruh yang sama terhadap performa (konsumsi ransum, bobot hidup, FCR, mortalitas) ayam pedaging umur 21-42 hari.	Fagundes <i>et al.</i> , 2019
5.	Penggunaan sorgum dengan kadar 0; 25; 75; dan 100% sebagai pengganti jagung.	Tidak ada perbedaan yang signifikan dalam FCR, berat organ dalam dan sebagian besar parameter darah.	Ahmed <i>et al.</i> , 2013

yang diberi pakan berbasis jagung. Penelitian Maidala *et al.* (2017) melaporkan penggunaan sorgum pada pakan ayam pedaging pada tingkat 0; 25; 75; dan 100% tidak berdampak terhadap nilai FCR, berat sebagian besar organ dalam, dan parameter darah. Hal ini menunjukkan bahwa sorgum dapat digunakan dalam formulasi ransum ayam pedaging. Secara umum, pada berbagai penelitian yang telah dilaporkan, aplikasi penggunaan sorgum untuk menggantikan jagung dalam ransum ayam pedaging dilakukan dengan mengganti sebagian atau seluruh komponen jagung. Respon performa yang ditunjukkan oleh ayam pedaging terhadap penggantian jagung dengan sorgum tersebut diambil sebagai kesimpulan apakah sorgum dapat mengganti jagung atau tidak. Hasil-hasil penelitian yang telah banyak dilaporkan memperlihatkan bahwa sorgum mampu menghasilkan performa yang baik pada ayam pedaging sebagaimana ketika menggunakan jagung.

Potensi Pengembangan Sorgum untuk Pakan di Indonesia

Kelebihan sorgum sebagai tanaman yang mampu tumbuh dalam lahan marginal, membuat sorgum potensial untuk dikembangkan di wilayah beriklim kering. Atas dasar tersebut, tanaman sorgum untuk pakan potensial untuk dikembangkan di Indonesia. Kajian yang dilakukan oleh Subagio dan Aqil (2013) merekomendasikan pengembangan sorgum bisa dilakukan dengan menggunakan wilayah yang memiliki lahan-lahan marginal, kering serta lahan-lahan yang dianggap tidak produktif, agar tidak berkompetisi dalam penggunaan lahan dengan tanaman komoditas lain yang sudah lama sudah berkembang di Indonesia. Sirappa (2003) mengatakan bahwa Indonesia sudah familiar dengan tanaman sorgum, dimana para petani sudah sejak lama membudidayakan tanaman sorgum secara tradisional. Sorgum sudah mulai dibudidayakan di Indonesia sebelum

tahun 1970 (Sirappa, 2003). Beberapa daerah di Indonesia yang telah membudidayakan sorgum adalah Nusa Tenggara Timur, DI Yogyakarta, Jawa Tengah, Jawa Timur, dan Nusa Tenggara Barat. Penelitian terkait tanaman sorgum sudah dimulai tahun 1970 di Indonesia, dimana dilaporkan hasil dari penelitian tersebut, telah dirilis 11 varietas sorgum unggul yang dapat beradaptasi dengan kondisi alam yang ada di Indonesia, termasuk dapat tumbuh dengan baik pada lahan marjinal (Subagio dan Aqil, 2013). Tanaman sorgum untuk pakan dapat dimanfaatkan untuk dua jenis ternak, yaitu bagian biji untuk ternak non ruminansia, sementara itu bagian lainnya (batang dan daun) dapat dimanfaatkan ternak ruminansia.

Sementara itu, Subagio dan Aqil, (2013) telah membuat kajian prospek dalam penelitian dan pengembangan tanaman sorgum di wilayah Indonesia. Pengembangan tanaman sorgum di Indonesia sangat terbuka, karena pemerintah Indonesia telah mengembangkan varietas sorgum yang adaptif dengan kondisi lingkungan (iklim dan tanah) yang ada di Indonesia, sehingga telah tersedia bibit tanaman sorgum yang cocok untuk dikembangkan dengan kondisi alam yang ada di Indonesia. Luas tanam tanaman sorgum di Indonesia dilaporkan terus mengalami peningkatan sejak tahun 2009 dengan tingkat peningkatan 20% pertahun. Hal ini dikarenakan pengembangan tanaman sorgum juga melibatkan BUMN (Badan Usaha Milik Negara), terutama oleh PTPN XII. Luasan tanaman sorgum di Indonesia dilaporkan mencapai 3000 ha pada tahun 2014. Produktivitas sorgum pertahunnya (tahun 2005-2011) juga dilaporkan mengalami peningkatan sebesar 6,5% (Subagio dan Aqil, 2013).

Kajian yang dilakukan oleh Subagio dan Suryawati (2013) melaporkan bahwa pemerintah Indonesia sangat serius dalam mengembangkan tanaman sorgum, yang dilihat dari keseriusannya dalam meningkatkan luas area pengembangan tanaman sorgum. Hal ini terlihat dari

pergesareran fokus pengembangan tanaman sorgum dari daerah pulau Jawa ke wilayah luar pulau Jawa (Sulawesi dan Nusa Tenggara). Pengembangan luas area tanaman sorgum juga melibatkan BUMN, yaitu PTPN XII dan PT Berdikari, sehingga pada tahun 2013 telah diperoleh luas lahan untuk tanaman sorgum di Sulawesi dan Nusa Tenggara mencapai 26.306 ha. Sementara itu luas tanam sorgum di pulau Jawa pada tahun 2013 mencapai 3462 ha (Subagio dan Suryawati, 2013). Hal ini menunjukkan bahwa pemerintah Indonesia serius dalam mengembangkan tanaman sorgum di Indonesia.

KESIMPULAN

Berdasarkan profil nutrisinya, sorgum potensial untuk dimanfaatkan menjadi bahan pakan sumber energi pada formulasi ransum ayam pedaging. Komposisi nutrisi sorgum hampir sama dengan kandungan gizi pada jagung. Antinutrisi utama pada sorgum adalah kafirin, fitat, dan tanin. Terdapat beberapa teknik untuk meningkatkan ketersediaan nutrisi sorgum sebagai bahan pakan untuk ayam pedaging, yaitu melalui detoksifikasi kimawi dan mekanis serta suplementasi asam amino dan mineral. Hasil uji biologis substitusi jagung oleh sorgum dalam ransum ayam pedaging menunjukkan bahwa sorgum memperlihatkan sebagai bahan pakan yang mampu mensubstitusi jagung sampai 100%. Pengembangan sorgum di Indonesia untuk bahan pakan sangat besar potensinya, karena sorgum mampu tumbuh di lahan marginal dan kering, sehingga dapat memaksimalkan lahan lahan marginal di wilayah di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Alwan, N. 2012. Using Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) and Peas (*Pisum sativum*) as Replacement for Yellow Corn and Soy Bean and Their Effects on Growth, Hematology and Serum Biochemical Parameters of Broiler Chicks. Basrah

- Journal of Veterinary Research, 11(1): 293–306.
- Adeyeye, E. I. 2008. The intercorrelation of the amino acid quality between raw, steeped and germinated guinea corn (*Sorghum bicolor*) grains. Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia, 22(1): 11–17.
- Ahmed, A. M., Zhang, C., da Liu, Q. 2016. Comparison of Physicochemical Characteristics of Starch Isolated from Sweet and Grain Sorghum. Journal of Chemistry.
- Ahmed, M. A., Dousa, B. M., and Atti, K. A. A. 2013. Effect of Substituting Yellow Maize for Sorghum on Broiler Performance. J World's Poult. Res. 3(1): 13–17.
- Amerah, A. M., Ravindran, V., Lentle, R. G., and Thomas, D. G. 2007. Feed particle size: Implications on the digestion and performance of poultry. World's Poultry Science Journal, 63(3): 439–455.
- Bagheri, H., Manafi, M., and Yazdani, M. 2011. Effect of polyzyme in broilers fed with corn (*Zea mays* L.) bran-based diets. Advances in Environmental Biology, 5(7): 1651–1655.
- Belay, F. 2018. Genetic Improvement of Lysine Content in Sorghum : A Review Genetic Improvement of Lysine Content in Sorghum : A Review. (November).
- Bertoft, E. 2017. Understanding starch structure: Recent progress. Agronomy, 7(3).
- Bhat, T. K., Kannan, A., Singh, B., and Sharma, O. P. 2013. Value Addition of Feed and Fodder by Alleviating the Antinutritional Effects of Tannins. Agric Res.2(3): 189–206.
- Brand, T. S., Erasmus, J. S., and Siebrits, F. K. 1989. Effect of thermal ammoniation and heat treatment of high-tannin grain sorghum on the TME value for roosters and relative nutritive value for rats. South African Journal of Animal Science, 19(3): 125–129.
- Butchee, K., Arnall, D. B., Sutradhar, A., Godsey, C., Zhang, H., and Penn, C. 2012. Determining Critical Soil pH for Grain Sorghum Production. Hindawi Publishing Corporation International Journal of Agronomy. 1–7.
- Castro-Jácome, T. P., Alcántara-Quintana, L. E., and Tovar-Pérez, E. G. 2020. Optimization of Sorghum Kafirin Extraction Conditions and Identification of Potential Bioactive Peptides. BioResearch Open Access, 9(1): 198–208.
- Cirkovic Velickovic, T. D., and Stanic-Vucinic, D. J. 2018. The Role of Dietary Phenolic Compounds in Protein Digestion and Processing Technologies to Improve Their Antinutritive Properties. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 17(1): 82–103.
- Cowieson, A. J., Ruckebusch, J., Sorbara, J. O. B., Wilson, J. W., Guggenbuhl, P., Tanadini, L., and Roos, F. F. 2017. Review article A systematic view on the effect of microbial phytase on ileal amino acid digestibility in pigs. Animal Feed Science and Technology, 231(May): 138–149.
- Da Silva, P. G., Schaly Oliveira, L. M., De Oliveira, N. R., De Moura, F. A., Sousa Silva, M. R., Cordeiro, D. A., ... Dos Santos, F. R. 2018. Effects of processing, particle size and moisturizing of sorghum-based feeds on pellet quality and broiler production. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 31(1): 98–105.
- Dersjant-li, Y., Awati, A., Schulze, H., and Partridge, G. 2014. Phytase in non-ruminant animal nutrition : a critical review on phytase activities in the gastrointestinal tract and influencing factors. J Sci Food Agric. 95: 878-896.
- Dewi, E. dan Yusuf, M. 2017. Potensi Pengembangan Sorgum Sebagai

- Pangan Alternatif. *J Agroteknologi*, 7(2): 27–32.
- Duodu, K. G., Taylor, J. R. N., Belton, P. S., and Hamaker, B. R. 2003. Factors affecting sorghum protein digestibility. *Journal of Cereal Science*, 38(2): 117–131.
- Eltyeb, O. and Ahmed, O. 2017. Reducing Phytic Acid from Sudanese Sorghum Bicolor (F.G) Using Simple Technique Methods. *International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences*, 3(12): 1–7.
- Fagundes, C., De Abreu Fernandes, E., and Litz, F. H. 2019. Whole and ground grain sorghum and the free choice feeding system in broiler diets. *Seminar: Ciencias Agrarias*, 40(1): 389–402.
- Fernandes, E. A., Pereira, W. J. S., Hackenhaar, L., Rodrigues, R. M., and Terra, R. 2013. The use of whole grain sorghum in broiler feeds. *Revista Brasileira de Ciencia Avicola*, 15(3): 217–222.
- García-Gurrola, A., Rincón, S., Escobar-Puentes, A. A., Zepeda, A., and Martínez-Bustos, F. 2019. Microencapsulation of red sorghum phenolic compounds with esterified sorghum starch as encapsulant materials by spray drying. *Food Technology and Biotechnology*, 57(3): 341–349.
- Gerrano, A. S., Labuschagne, M. T., van Biljon, A., and Shargie, N. G. 2014. Genetic variability among sorghum accessions for seed starch and stalk total sugar content. *Scientia Agricola*, 71(6): 472–479.
- Getachew, G., Putnam, D. H., Ben, C. M. De, and Peters, E. J. De. 2016. Potential of Sorghum as an Alternative to Corn Forage. *American J Plant Sci*. 7: 1106–1121.
- Hassan, Z. M., Manyelo, T. G., Selaledi, L., and Mabelebele, M. 2020. The effects of tannins in monogastric animals with special reference to alternative feed ingredients. *Molecules*, 25(20): 1–17.
- Huang, Q., Liu, X., Zhao, G., Hu, T., & Wang, Y. 2018. Potential and challenges of tannins as an alternative to in-feed antibiotics for farm animal production. *Animal Nutrition*, 4(2): 137–150.
- Humer, E., Schwarz, C., and Schedle, K. 2015. Phytate in pig and poultry nutrition. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 99(4): 605–625.
- Kontan. 2020. Ada impor jagung hampir 1 juta ton, begini penjelasan Kementan. *Berita 17 November 2020*. [internet]. [cited 13 Maret 2021]. Available from: <https://industri.kontan.co.id/news/ada-impor-jagung-hampir-1-juta-ton-begini-penjelasan-kementan>
- Kulamarva, A. G., Sosle, V. R., and Raghavan, G. S. V. 2009. Nutritional and rheological properties of sorghum. *International Journal of Food Properties*, 12(1): 55–69.
- Kyarisiima, C. C., Okot, M. W., and Svihus, B. 2004. Use of wood ash in the treatment of high tannin sorghum for poultry feeding. *South African Journal of Animal Sciences*, 34(2): 110–115.
- Lemlioglu-Austin, D., Turner, N. D., McDonough, C. M., and Rooney, L. W. 2012. Effects of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) moench] crude extracts on starch digestibility, estimated glycemic index (EGI), and resistant starch (RS) contents of porridges. *Molecules*, 17(9): 11124–11138.
- Li, X., Zhang, D., Yang, T. Y., and Bryden, W. L. 2016. Phosphorus bioavailability: A key aspect for conserving this critical animal feed resource with reference to broiler nutrition. *Agriculture (Switzerland)*, 6(2).
- Liu, S., Fox, G., Khoddami, A., Neilson, K., Truong, H., Moss, A., and Selle, P. 2015. Grain Sorghum: A Conundrum for Chicken-Meat Production. *Agriculture*, 5(4): 1224–1251.

- Liu, S., Truong, H., and Selle, P. 2012. Digestive dynamics of starch and protein Factors influencing digestive dynamics in sorghum-based broiler diets. Sorghum TechNote PRF. 5-14.
- Liu, S. Y., Truong, H. H., Khoddami, A., Moss, A. F., Thomson, P. C., Roberts, T. H., and Selle, P. H. 2016. Comparative performance of broiler chickens offered ten equivalent diets based on three grain sorghum varieties as determined by response surface mixture design. *Animal Feed Science and Technology*, 218: 70–83.
- Mabelebele, M., Gous, R. M., Siwela, M., O'Neil, H. V. M., and Iji, P. A. 2017. Performance of broiler chickens fed South African sorghum-based diets with xylanase. *South African Journal of Animal Sciences*, 47(5): 679–687.
- Maidala, M., Aminu, A., Sadiya, S., and Musa, M. 2017. Utilization of Sorghum as Energy Source in the Diets of Broilerchickens: A Review. *JOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 10(06): 13–16.
- Massuquetto, A., Panisson, J. C., Marx, F. O., Surek, D., Krabbe, E. L., and Maiorka, A. 2019. Effect of pelleting and different feeding programs on growth performance, carcass yield, and nutrient digestibility in broiler chickens. *Poultry Science*, 98(11): 5497–5503.
- Medugu, C. I., Saleh, B., Igwebuike, J. U., and Ndirmbita, R. L. 2012. Strategies to improve the utilization of tannin-rich feed materials by poultry. *International Journal of Poultry Science*, 11(6): 417–423.
- Mitaru, B. N., Reichert, R. D., and Blair, R. 1983. Improvement of the nutritive value of high tannin sorghums for broiler chickens by high moisture storage (reconstitution). *Poultry Science*, 62(10): 2065–2072.
- Moss, A. F., Khoddami, A., Chrystal, P. V., Sorbara, J. O. B., Cowieson, A. J., Selle, P. H., and Liu, S. Y. 2020. Starch digestibility and energy utilisation of maize- and wheat-based diets is superior to sorghum-based diets in broiler chickens offered diets supplemented with phytase and xylanase. *Animal Feed Science and Technology*, 264(March), 114475.
- Mosse, J., Huet, J., and Baudet, J. 1988. The Amino Acid Composition of Whole Sorghum Grain in Relation to Its Nitrogen Content. *Cereal Chemistry*, 65(4), 271–277.
- Mundia, C. W., Secchi, S., Akamani, K., and Wang, G. 2019. A Regional Comparison of Factors Affecting Global Sorghum Production : The Case of North America , Asia and Africa's Sahel. *Sustainability*. 11: 2-18.
- Munin, A., and Edwards-Lévy, F. 2011. Encapsulation of natural polyphenolic compounds; a review. In *Pharmaceutics*. 3: 793-829.
- [NRC]-National Research Council. 1994. *Nutrient Requirements for Poultry*. 9th rev. edn. National Academy Press, Washington DC.
- Oyarekua, M. A., and Eleyinmi, A. F. 2004. Comparative evaluation of the nutritional quality of corn , sorghum and millet ogi prepared by a modified traditional technique. *Food Agric Environ*. 2(2): 94–99.
- Qaisrani, S. N. 2014. Improving performance of broiler chicken fed lower digestible protein diets. In PhD Thesis. Wageningen University, Wageningen, NL. 182 pp.
- Rahman, I. E. A., and Osman, M. A. W. 2011. Effect of sorghum type (*Sorghum bicolor*) and traditional fermentation on tannins and phytic acid contents and trypsin inhibitor activity. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 9(3–4), 163–166.
- Ramatoulaye, F., Mady, C., Fallou, S.,

- Amadou, K., Cyril, D., & Massamba, D. 2016. Production and Use Sorghum : A Literature Review. *J Nutr Health Food Sci.* 4(1):1–4.
- Republika. 2021. Pemerintah akan impor bahan pakan unggas. <https://www.republika.co.id/berita/qwnev9472/pemerintah-akan-impor-bahan-baku-pakan-unggas>.(22 Agustus 2021).
- Saleh, A. A., Abudabos, A. M., Ali, M. H., and Ebeid, T. A. 2019. The effects of replacing corn with low-tannin sorghum in broiler's diet on growth performance, nutrient digestibilities, lipid peroxidation and gene expressions related to growth and antioxidative properties. *Journal of Applied Animal Research*, 47(1): 532–539.
- Sarshad, A., Talei, D., Torabi, M., Rafiei, F., and Nejatkhah, P. 2021. Morphological and biochemical responses of *Sorghum bicolor* (L.) Moench under drought stress. *SN Applied Sciences.* 3(81).
- Schlegel, A. J., Assefa, Y., Brien, D. O., Lamm, F. R., Haag, L. A., Stone, L. R., ... Merr, L. 2016. Comparison of Corn, Grain Sorghum, Soybean, and Sunflower under Limited Irrigation. *Agronomy Journal.* 108(2): 670-679.
- Sell, D. R., and Rogler, J. C. 1984. The effects of sorghum tannin and methionine level on the performance of laying hens maintained in two temperature environments. *Poultry Science*, 63(1): 109–116.
- Selle, P. H., Cadogan, D. J., Ru, Y. J., and Partridge, G. G. 2010. Impact of exogenous enzymes in sorghum- or wheat-based broiler diets on nutrient utilization and growth performance. *International Journal of Poultry Science*, 9(1): 53–58.
- Selle, P. H., Ravindran, V., Ravindran, G., Pittolo, P. H., and Bryden, W. L. 2003. Influence of phytase and xylanase supplementation on growth performance and nutrient utilisation of broilers offered wheat-based diets. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 16(3): 394–402.
- Selle, Peter H., Moss, A. F., Truong, H. H., Khoddami, A., Cadogan, D. J., Godwin, I. D., and Liu, S. Y. 2018. Outlook: Sorghum as a feed grain for Australian chicken-meat production. *Animal Nutrition*, 4(1): 17–30.
- Sharif, M., Idrees, M., Tauqir, N. A., Shahzad, M. A., Khalid, M. F., Nisa, M., ... Khan, M. L. 2012. Effect of water treatment of sorghum on the performance of broiler chicks. *South African Journal of Animal Sciences*, 42(2): 189–194.
- Shen, S., Huang, R., Li, C., Wu, W., Chen, H., Shi, J., ... Ye, X. 2018. Phenolic Compositions and Antioxidant Activities Differ Significantly among Sorghum Grains with Different Applications. *Molecules* (Basel, Switzerland), 23(5).
- Sirappa, M. P. 2003. Prospek pengembangan sorgum di indonesia sebagai komoditas alternatif untuk pangan, pakan, dan industri. *Jurnal Litbang Pertanian*, 22(4): 133–140.
- Skenjana, A. 2011. The potential nutritive value of waste products from the sub-tropical fruit processing industry as livestock feed. Dissertation (MSc(Agric))-University of Pretoria, 1(November), 1–98.
- Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan. 2020. *Livestock and Animal Health Statistics 2020*. Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan. Kementerian Pertanian.
- Subagio, H., dan Aqil, M. 2013. Pengembangan Produksi Sorgum Di Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian*, 199–214.
- Subagio, H., dan Suryawati. 2013. Wilayah penghasil dan ragam penggunaan sorgum untuk pengembangan tanaman sorgum di Indonesia. *Laporan Tengah Tahun Balitsereal 2013*.

- Sudarman, A., Sumiati., and Solikhah, S. H. 2011. Performance and Meat Cholesterol Content of Broiler Chickens Fed *Pluchea indica* L . Leaf Meal Reared under Stress Condition. *Media Peternakan*. April. 64-68.
- Tandiang, D. M., Diop, M. T., Dieng, A., Yoda, G. M. L., Cisse, N., and Nassim, M. 2014. Effect of corn substitution by sorghum grain with low tannin content on broilers production: Animal performance, nutrient digestibility and carcass characteristics. *International Journal of Poultry Science*, 13(10): 568–574.
- Teixeira, L., Pinto, C. F. D., Kessler, A. de M., and Trevizan, L. 2018. Effect of partial substitution of rice with sorghum and inclusion of hydrolyzable tannins on digestibility and postprandial glycemia in adult dogs. *BioRxiv*, 1–14.
- Teixeira, N., M. V., Massuquetto, A., Krabbe, E. L., Surek, D., Oliveira, S. G., and Maiorka, A. 2019. Effect of Conditioning Temperature on Pellet Quality, Diet Digestibility, and Broiler Performance. *Journal of Applied Poultry Research*, 28(4): 963–973.
- Thomas, L. L., Goodband, R. D., Espinosa, C. D., Stein, H. H., Woodworth, J. C., Tokach, M. D., ... DeRouchey, J. M. 2018. Evaluation of the Effects of High-Lysine Sorghum on Nursery Pig Performance. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports*, 4(9).
- Torres, K. A. A., Pizauro, J. M., Soares, C. P., Silva, T. G. A., Nogueira, W. C. L., Campos, D. M. B., ... Macari, M. 2013. Effects of corn replacement by sorghum in broiler diets on performance and intestinal mucosa integrity. *Poultry Science*, 92(6): 1564–1571.
- Truong, H. H., Neilson, K. A., McInerney, B. V., Khoddami, A., Roberts, T. H., Liu, S. Y., and Selle, P. H. 2015. Performance of broiler chickens offered nutritionally-equivalent diets based on two red grain sorghums with quantified kafirin concentrations as intact pellets or re-ground mash following steam-pelleting at 65 or 97°C conditioning temperatures. *Animal Nutrition*, 1(3): 220–228.
- Truong, H. H., Neilson, K. A., McInerney, B. V., Khoddami, A., Roberts, T. H., Yun, S., and Selle, P. H. 2016. Sodium metabisulphite enhances energy utilisation in broiler chickens offered sorghum-based diets with five different grain varieties. *Animal Feed Science and Technology*, 219: 159–174.
- Velickovic, T. D. C., and Stanic-vucinic, D. J. 2018. The Role of Dietary Phenolic Compounds in Protein Digestion and Processing Technologies to Improve Their Antinutritive Properties. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 17: 82-103.
- Videgain-marco, M., Marco-montori, P., Mart, C., and Josep, J. (n.d.). Effects of Biochar Application in a Sorghum Crop under Greenhouse Conditions : Growth Parameters and Physicochemical Fertility. *Agronomy*. 10(104):2-17.
- Xiong, Y., Zhang, P., Warner, R. D., and Fang, Z. 2019. Sorghum Grain : From Genotype, Nutrition, and Phenolic Profile to Its Health Benefits and Food Applications.