

Review Article

Pemanfaatan tanaman sorgum sebagai pakan ternak ruminansia di lahan kering

Harmini *

Balai Penelitian Ternak, Jln. Veteran III Banjarsari, Ciawi-Bogor Po.Box. 221 Bogor 16002

*Correspondence: hmini2011@gmail.com

Received: June 23th, 2020; Accepted: March 4th, 2021; Published online: July 24th, 2021

Abstrak

Tujuan: Review ini bertujuan untuk mengulas pemanfaatan sorgum sebagai sumber pakan ternak ruminansia yang dapat dikembangkan di lahan kering.

Hasil: Sorgum merupakan tanaman serealia yang mampu berkembang biak dengan baik di lahan kering. Tanaman sorgum merupakan sumber bahan pangan, *biofuel*, dan pakan ternak. Tanaman sorgum mempunyai nilai nutrisi yang tinggi dan bisa menggantikan sumber pakan lainnya, karena mempunyai komposisi kimia, kandungan vitamin, mineral, serta kandungan energi yang cukup tinggi. Sorgum mempunyai kandungan protein kasar, lemak dan abu berturut-turut 9,9; 2,7 dan 11,45%. Dalam kondisi segar, daun dan batang sorgum tidak dapat bertahan lama, oleh karena itu daun dan batang sorgum dapat disimpan dalam bentuk silase untuk memperpanjang masa simpannya sehingga bisa digunakan pada musim kemarau. Pemberian pakan yang berasal dari daun, jerami, hasil samping sorgum menunjukkan respon positif seperti meningkatkan efek antilmitik pada domba, meningkatkan konsumsi pakan dan pencernaan pada sapi, meningkatkan fermentasi rumen, VFA, pH rumen, pencernaan dan efisiensi pakan yang lebih baik pada sapi dara, serta meningkatkan produksi daging dan susu pada kambing.

Kesimpulan: Sorgum berpotensi untuk dikembangkan sebagai sumber pakan ternak ruminansia karena memiliki kandungan nutrisi yang cukup baik dan berpotensi untuk dikembangkan di lahan kering.

Kata Kunci: sorgum; pakan ternak; ruminansia

Abstract

Objective: The objective of this study is to review the use of sorghum as a feed source for ruminants that it can developed on dry land.

Results: Sorghum is a cereals that can grow on dry land. Sorghum is source of food, biofuel and animal feed. Sorghum plants have high nutritional value and can replace other feed sources, because they have a high chemical composition, vitamins, minerals, and energy content. Sorghum contains crude protein, fat and ash 9.9; 2.7 and 11.45% respectively. In fresh conditions, sorghum leaves and stems cannot last long, therefore it can be stored in silage to extend their shelf life so that they can be used in the dry season. Feeding leaves, straw, byproducts with sorghum have been positively influenced such as increased antilmytic effect in sheep, feed consumption, digestibility in livestock, rumen fermentation, VFA, pH-rumen, digestibility and feed efficiency of the feed of the animal also meat and milk production of goats.

Conclusions: Sorghum is potentially produced as a feed source for ruminants due to good nutritional content and can be developed in dry land.

Keywords: sorghum; forage; ruminant

PENDAHULUAN

Indonesia mempunyai luas lahan kering sebanyak 144,47 juta ha atau 76,20% dari luas daratan, sebagian besar di Kalimantan, Sumatra, Papua, Sulawesi, Maluku, Bali dan Nusa Tenggara [1]. Kendala pengembangan tanaman pakan ternak (TPT) di lahan kering diantaranya lereng curam, erosi, longsor, adanya batuan di permukaan, singkapan batuan, penampang batuan, serta ketersediaan air [2]. Kekurangan air di lahan kering berakibat pada penurunan perluasan sel, fiksasi CO₂ serta sintesa protein, tetapi sorgum mampu memproduksi dengan baik kecuali pada kondisi kekeringan ekstrim [3]. Ditambahkan pengembangan peternakan di lahan kering terkendala pada kelangkaan pakan ternak di musim kemarau [4]. Hal ini karena cekaman panas berpengaruh terhadap pertumbuhan dan kualitas hijauan [5]. Permasalahan ini mendorong untuk pengembangan TPT yang adaptif lahan kering.

Sorghum merupakan tanaman multiguna yang dapat digunakan untuk pangan, pakan ternak dan bahan bakar. Tanaman toleran lahan kering dicirikan dengan sistem perakaran dalam, ketebalan kutikula daun dan cepat berbunga. Ditambahkan tanaman resisten kekeringan mempunyai keseimbangan hormon sehingga mampu menghindari efek negatif pada biji-bijian dibawah kondisi stress [6]. Sorgum dapat dikembangkan di lahan kering dengan tingkat kesuburan rendah dengan beradaptasi mengeluarkan ekspresi gen berbeda di akar dan daun terhadap stress kekeringan [7] [8]. Tanaman akan beradaptasi dengan berevolusi untuk menghadapi stress kekeringan secara morfologis, fiologis dan biokimia [9]. Tanaman sorgum banyak tumbuh di Amerika Serikat, India, Argentina, Meksiko, Afrika, Cina dan Australia [10]. Sorgum lokal Indonesia seperti Varietas Numbu dan Kawali adaptif di lahan kering dan memproduksi lebih tinggi, sedangkan varietas Keller dan Wray

berpotensi untuk tanaman pakan ternak karena pertumbuhan vegetatifnya lebih panjang serta mengandung nutrien yang cocok untuk hijauan [11][12]. Sorgum pada umur panen 90 hari mampu memproduksi bahan kering, bahan organik dan protein kasar tertinggi [13]. [14] Sorgum kaya akan karbohidrat, mengandung mikronutrien, kaya akan serat larut, sumber *nutraceutical* seperti fenol dan tanin, antioksidan yang terkait dengan pencegahan penyakit manusia [15]. Biomassa sorgum mengandung 339 g selulosa, 375 g hemiselulosa, 162 g lignin dan 20 g abu per kilogram bahan. [16] Sorgum berpotensi menghasilkan brangkasan 13 sampai 15,19 ton ha⁻¹. Lahan sub optimal dapat digunakan untuk budidaya sorgum karena memiliki daya adaptasi yang tinggi, sehingga dapat dimanfaatkan untuk pengembangan ternak ruminansia [17]. Pemberian silase sorgum mampu meningkatkan produksi susu pada sapi perah [18]. Makalah ini akan mereview potensi pengembangan sorgum sebagai sumber pakan untuk ruminansia di lahan kering.

KARAKTERISTIK DAN BUDI DAYA TANAMAN SORGHUM UNTUK TANAMAN PAKAN TERNAK

Sorghum dibedakan menjadi beberapa tipe yaitu: *grain sorghum*, *single cut forage sorghum* (silase, *dual-purpose* (utama untuk industri), *multicut forage sorghum* (sorghum sebagai hijauan). Sudan *grass* dan hibrida (*Sorghum bicolor x Sudan grass*) merupakan jenis *multicut forage sorghum* yang digunakan untuk tanaman pakan ternak (TPT) [19]. Terdapat beberapa jenis tanaman sorgum yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak [20]. Varietas hibrida dikembangkan untuk TPT. Sementara sorgum manis yang termasuk sorgum *dual purpose* telah berhasil dibudidayakan sebagai bahan pembuat biofuel [21]. Karakteristik sorgum untuk TPT memiliki siklus pertumbuhan relatif singkat, benih dapat ditaburkan sebagai tanaman

kedua setelah tanaman utama dengan potensi hasil sampai 13 ton ha⁻¹ tahun⁻¹ [19]. Kandungan bahan kering sorgum lebih tinggi dibanding jagung meski kandungan nutrisinya lebih rendah [22]. Evaluasi pencernaan secara *in vitro*, produksi gas optimal dan pencernaan bahan organik (KcBO) tinggi [23]. Ditambahkan nilai energi termetabolis, KcBO dan kandungan protein kasar pada sorgum yang dibudidayakan secara hidroponik (*Sorghum Green Fodder/SGF*) lebih tinggi dibanding rumput lapangan [24].

Salah satu indikator produksi sorgum sebagai TPT adalah tinggi tanaman, diameter batang dan jumlah helai daun. Sorgum *hybrid* umur 90 hari setelah tanam (HST) memiliki tinggi tanaman 128 cm sampai 166 cm, dengan diameter batang 0,84 cm sampai 1,44 cm, dan jumlah daun 10 helai sampai 14 helai yang akan berkorelasi positif terhadap produksi biomassa segar [25]. Varietas sorgum berpengaruh terhadap tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun serta kualitas nutrisinya (kadar abu, serat kasar dan protein kasar) [26]. Produksi dan biomassa sorgum mutan *brown midrib* (BMR) yang ditanam pada musim kemarau lebih rendah dibanding pada musim hujan [27]. Panen sorgum dapat dilakukan menjelang berbunga tanpa dipengaruhi oleh kandungan bahan kering [28]. Panen sorgum terbaik untuk hijauan pakan dilakukan pada saat keluarnya malai dari pelepah daun bendera (*heading stage*) mencapai 50% [29].

Sorgum mampu beradaptasi dengan baik di lahan kering dengan kandungan bahan kering 27,10 dalam bentuk hijauan segar dan 82,53 dalam bentuk hay [30]. Secara fisiologis sorgum beradaptasi pada saat kekurangan air dengan potensial air daun tinggi, konduktansi stomata, dan indek luas daun lebih tinggi dibanding jagung [31]. Profil serat pada tanaman sorgum dipengaruhi oleh perbedaan varietas/galur dengan fase generatif [32]. [33] Berdasarkan peluang kejadian hujan, pola tanam sorgum untuk lahan kering beriklim kering adalah sorgum-sorgum- lahan diistirahatkan (bera) atau sorgum – sorgum (ratun 1) – bera sedangkan untuk lahan kering beriklim basah adalah jagung-sorgum (ratun 1) – bera atau sorgum – sorgum ratun 1) – sorgum (ratun II).

Pemberian pupuk 240 kg N per ha mampu menampung 400 ribu tanaman sorgum per ha pada lahan *semi arid* [34]. [35] Pengembangan rumput sudan (*Sorghum sudanense*) di lahan sub optimal direkomendasikan dengan pemberian pupuk NPK 300 kg N per ha, 300 kg P per ha, dan 150 kg per ha. Sementara lahan yang mengandung *sludge* biogas tidak meningkatkan *nutrien* sorgum [36]. Sorgum manis di lahan bekas tambang menghasilkan biomassa tinggi namun kandungan logam berat juga tinggi sehingga lebih cocok untuk fitoremediasi serta mengurangi polutan [37]. Budidaya sorgum dengan sistem monokultur maupun *intercropping* dengan jagung tidak berpengaruh terhadap biomassa [38]. Penggunaan pupuk P perlu ditambahkan disamping pupuk kompos untuk meningkatkan produksi biomassa hijauan sorgum [39].

Produksi sorgum dan hasil samping

Produksi sorgum dipengaruhi oleh faktor agronomi, suhu dan ketersediaan air untuk irigasi. Biomassa sorgum lebih tinggi daripada jagung dengan irigasi kekurangan air [31]. Potensi produksi sorgum sebagai hijauan pakan ternak untuk lahan sub optimal 13 t ha⁻¹ tahun⁻¹ [40]. Biomassa sorgum di Indonesia berkisar 615,97 kg tanaman⁻¹ hingga 1425,17 kg tanaman⁻¹ [41]. Hal ini karena tanaman sorgum tergolong tanaman C4 karena sangat efisien memanfaatkan cahaya matahari untuk proses fotosintesis [42]. Bobot brangkas berkorelasi dengan bobot batang, volume nira, serta diameter batang yang umur 70 HST menghasilkan bobot tertinggi [43]. Tanaman akan mengalihkan energi untuk fase generatif menjelang berbunga sehingga fase vegetative berkurang. Produksi sorgum juga dipengaruhi oleh jarak tanaman serta peningkatan populasi tanaman [43] [44]. *Intercropping* dengan *Guinea grass* (*Palisade grass*) lebih tinggi dibanding monokultur [45].

KANDUNGAN NUTRIEN SORGUM

Defisit air dan *heat stress* akan meningkatkan kepadatan kernel yang berakibat meningkatnya kandungan protein, pencernaan dan komposisi mikronutrien [46]. Kandungan nutrient pada sorgum cukup

tinggi seperti sereal lainnya (Tabel 1). Sorgum merupakan sereal yang bisa berkembang hampir di semua tempat, kaya nutrisi, serat dan komponen bioaktif yang belum banyak dimanfaatkan manusia dan sering digunakan sebagai pakan ternak [47]. Sorgum mempunyai keunggulan karena mempunyai senyawa antioksidan, kandungan mineral Fe yang tinggi, serat pangan, asam amino esensial dan oligosakarida. Namun kandungan tanin dan asam pitat sebagai zat anti nutrisi relatif tinggi. [48] Kandungan tanin pada biji sorgum mencapai 0.40 % sampai 3.60 %. Radiasi sorgum mampu menurunkan tannin dan asam pitat hingga 86% dan 90% [49]. Disamping itu pemberian mikronutrien dan makronutrien pada tanah dengan pupuk mampu menurunkan asam pitat dan tannin sehingga meningkatkan pencernaan pakan [50]. Sementara pemberian NaOH mampu menurunkan selulosa, hemiselulosa dan lignin tanpa mempengaruhi total karbon organik dan protein terlarut setelah hijauan sorgum terdegradasi secara *an aerob* [51]. Kandungan lignin sorgum berkisar 14.35% sampai 22.89% [41].

Jerami sorgum memiliki kualitas nutrisi rendah, peningkatan kualitas dapat dilakukan dengan fermentasi. Jamur *Phanerochaete chrysosporium* sebanyak 6% v/w sebagai inokulan meningkatkan kualitas jerami sebagai pakan bernilai nutrisi cukup baik [52]. Starbio pada level 0,6% memberikan pengaruh terbaik jerami rumput kume (*Sorgum plumosum var. Timorensis*) [53]. Pemberian pakan jerami sorgum fermentasi mampu meningkatkan bobot badan domba jantan 29,48% hingga 44,60% [54]. Sorgum lokal varietas Numbu, Hegan genjah dan Kawali memiliki kadar NDF dan ADF cukup tinggi namun masih sesuai dengan kebutuhan ruminansia [55].

Kandungan mineral sorgum dalam berbagai teknik pengolahan

Tipe tanah berpengaruh terhadap kadar abu dari hijauan sorgum [56]. Kandungan kalsium, pospor, zat besi dan vitamin B1 lebih tinggi dibanding gandum, sementara jika sorgum telah diolah mempunyai kandungan mineral yang berbeda-beda.

Proses pengolahan akan berpengaruh terhadap kandungan mineral (Tabel 2). Karbohidrat pati adalah komponen kimia tertinggi pada sorgum, sementara protein, lemak, mineral, dan serat pangan glukukan yang terkandung dalam sorgum tanpa sosok lebih tinggi dari sorgum yang disosoh [57]. Perendaman dan perkecambahan dapat menurunkan tannin dan pitat pada sorgum [58]. Pucuk tanaman dan daun mempunyai kandungan mineral lebih tinggi dibanding di batang [59]. Stress pada tanaman berpengaruh terhadap kandungan mineral Na dan K pada akar, batang dan daun [60], namun perendaman tidak disarankan untuk meningkatkan ketersediaan mineral pada sorgum dan jagung [61].

Energi dan pencernaan sorgum

Jenis tanaman dan tingkat interaksi antara pati dengan protein berpengaruh terhadap daya cerna ternak sapi potong. Sorgum memiliki daya cerna terendah di antara sereal karena memiliki bentuk fisik granula, inhibitor seperti tanin, serta jenis patinya [62]. Daya cerna protein sorgum dipengaruhi juga oleh dua faktor utama yaitu: faktor eksogen (struktur biji sorgum, polifenol, asam pitat, pati dan polisakarida non pati) dan faktor endogen (kafirin, perubahan struktur dalam struktur sekunder protein, *disulfida dan non-disulphide crosslinking*) [63]. *Ekstrusi* di bawah 150°C per 55 bar mampu meningkatkan daya cerna pati sorgum dan bisa menggantikan barley untuk pakan domba [64]. Tetapi penambahan *glukoamilase eksogen* dari *Aspergillus niger* pada pakan domba *Crossbred Suffolk* yang diberi pakan sorgum tidak mempengaruhi pertambahan berat badan harian dan konversi pakan [65]. Hijauan sorgum direkomendasikan untuk pembuatan silase karena memiliki nilai nutrisi yang baik (Tabel 3). Penambahan suplemen pakan multinutrien (SPM) dalam bentuk urea molasses multi-nutrien blok (UMMB) pada hijauan sorgum mampu meningkatkan kandungan protein kasar karena UMMB mengandung urea sebagai N [66]. Ditambahkan radiasi sorgum mampu meningkatkan pencernaan bahan kering, protein kasar, protein sejati dan gros energi [49].

Tabel 1. Komposisi nutrisi bagian-bagian sorgum

Bagian	Kandungan nutrisi (%)											
	Bahan Kering	Abu	Protein Kasar	Lemak Kasar	Serat Kasar	BETN	TDN	Ca	P	pati	amilosa	lisin
Daun [77]	-	5,18	7,52	4,02	35,91	47,36	59,84	0,179	0,233	-	-	-
Batang [77]	-	4,86	4,07	1,20	36,54	53,33	52,17	0,274	0,352	-	-	-
Malai [77]	-	3,14	7,25	2,51	19,94	67,16	65,20	0,007	0,190	-	-	-
Biji [24] [80] [24] [70]	-	2,30	9,28	1,77	2,3	-	46,38	0,110	0,240	51,88-85	12,30-28,38	0,27
Hijauan sorgum [13]	16,18	11,45	9,90	2,70	20,32	55,63	-	-	-	-	-	-

BETN = Bahan ekstrak tanpa nitrogen, TDN = Total digestible nutrient

Tabel 2. Kandungan mineral biji sorgum dan jenis sereal lainya

Jenis	Abu (%)	Ca (mg)	P (mg)	Fe (mg)	Mg (mg)	K (mg)	Na (mg)	Zn (mg)	Vit.B1(mg)
Sorgum	10,1 ¹⁾	28 ²⁾	287 ²⁾	4,40 ²⁾	165 ³⁾	363 ³⁾	2 ³⁾	1,67 ³⁾	0,38 ²⁾
<i>Sorgum flour, whole – grain</i>	-	12 ³⁾	278 ³⁾	3,14 ³⁾	123 ³⁾	324 ³⁾	3 ³⁾	1,63 ³⁾	-
<i>Sorgum flour, refined</i>	-	6 ³⁾	87 ³⁾	0,97 ³⁾	31 ³⁾	145 ³⁾	1 ³⁾	0,47 ³⁾	-
<i>Rolls, gluten – free, white, made with brown rice flour, tapioca starch, sorgum flour</i>	-	41 ³⁾	128 ³⁾	0,89 ³⁾	42 ³⁾	165 ³⁾	544 ³⁾	0,77 ³⁾	-
Jagung	9,2 ¹⁾	9 ²⁾	380 ²⁾	4,60 ²⁾	-	-	-	-	0,27 ²⁾
Gandum	9,8 ¹⁾	16 ²⁾	106 ²⁾	1,20 ²⁾	-	-	-	-	0,12 ²⁾
Beras	1,41 ⁴⁾	6 ²⁾	140 ²⁾	0	-	-	-	-	0,12 ²⁾

¹⁾ [81]; ²⁾ [82]; ³⁾ [83]; dan ⁴⁾ [84]

RESPON TERNAK RUMINANSIA YANG DIBERI SORGUM

Jagung dapat disubstitusi dengan sorgum karena memiliki kualitas yang hampir sama. Substitusi jagung dengan sorgum 10–40% meningkatkan perlindungan domba dari infeksi *Haemonchus contortus* karena tanin pada sorgum berefek antilmintik dan meningkatkan warna daging domba karena meningkatnya deposisi antioksidan daging karena pengendapan tanin di jaringan otot serta berkurangnya peroksidasi lipid di daging [67]. Domba jantan dapat diberi bagasse sorgum manis yang dapat dicampur konsentrat menjadi pakan lengkap dan bentuk pelet lebih baik dibanding pakan yang dicacah [68]. Pakan bentuk pellet mempunyai palatabilitas lebih baik [69]. Penambahan biji sorgum pada pakan efektif meningkatkan konsumsi pakan dan pencernaan pakan pada sapi, namun suplementasi biji sorgum pada domba meningkatkan fermentasi rumen tinggi sehingga mengurangi pencernaan

serat dan asupan bahan organik secara keseluruhan [70] [71]. Sapi dara yang diberi silase sorgum 65% mampu menghasilkan fermentasi rumen, VFA, pH rumen, pencernaan dan efisiensi pakan yang lebih tinggi dibanding 55, 75 dan 85% [72]. Sementara kambing yang diberi bagasse batang sorgum dapat meningkatkan produksi hingga 30% [73].

Potensi sorgum untuk pakan ternak ruminansia di Indonesia

Sorgum merupakan salah satu sumber hijauan untuk ternak ruminansia karena mempunyai produktivitas tinggi dan mampu beradaptasi dalam agroekologi yang luas serta toleran kekeringan. Jerami sorgum sebagai produk samping memiliki serat tinggi lebih baik dimanfaatkan untuk ternak ruminansia [74], sementara biji sorgum dapat diberikan langsung tanpa diolah dan dapat dicampur dengan bahan-bahan lain dengan komposisi biji sorgum 55% sampai 60% [14]. Sorgum yang dibuat silase *sinambung* yaitu

Tabel 3. Komposisi kimia (bahan kering%), karakteristik fisik dan kualitas silase

Kandungan	Jagung	Sorgum	Rumput sudan	Hibrida sorgum x rumput sudan
Bahan kering (BK)	21,77 ^d	22,81 ^d 24,7 ^d 18,0 ^c	26,77 ^d	25,55 ^d
Bahan organik	88,84 ^d	88,95 ^d 89,9 ^c	90,90 ^d	89,46 ^d
Protein kasar	1,61 ^d	1,89 ^d 13,7 ^a 9,9 ^c	2,18 ^d	2,19 ^d
Lemak kasar	1,20 ^d	1,61 ^d	1,33 ^d	1,47 ^d
ADF	33,72 ^d	37,70 ^d 37,1 ^a 40,2 ^c	46,47 ^d	44,20 ^d
NDF	58,94 ^d	58,36 62,6 ^a 69,0 ^c	70,25 ^d	67,35 ^d
Energimetabolis (kkal/kg)	2890,04 ^b	2961,69 ^b 1,58 ^a 1,6 ^c	-	-
EE				
Bau	14 ^d	10 ^d	11 ^d	8 ^d
Bentuk	4 ^d	4 ^d	4 ^d	4 ^d
Warna	2 ^d	2 ^d	2 ^d	2 ^d
Kualitas	Sangat baik ^d	Sangat baik ^d	Sangat baik ^d	Baik ^d

ADF = Acid Deterjent Fiber, NDF = Neutral Deterjent Fiber

^{a)} [85]; ^{b)} [86]; ^{c)} [82]; ^{d)} [87]

teknologi modifikasi pembuatan silase dengan waktu fermentasi yang lebih singkat karena bibit silase diberikan pada awal pembuatannya, membutuhkan waktu inkubasi tujuh hari memiliki kualitas terbaik [75]. Satu satuan ternak (ST) membutuhkan bahan kering sebesar 2,28 ton thn^{-1} [76]. Produksi bahan kering (BK) dan daya tampung kultivar sorgum 7,91 sampai 13,26 ton $ha^{-1} thn^{-1}$ dan 3,49 sampai 5,49 ST ha^{-1} [77]. Lahan dengan *sludge* biogas produksi sorgum 4.878 ton $ha^{-1} thn^{-1}$ [36]. Sapi perah yang diberi pakan sorgum menghasilkan susu dengan kandungan dan kualitas susu hampir sama dengan jagung tetapi perlu penambahan pati untuk suplementasi energi [28,78]. Tumpang sari sorgum dengan jarak tanam 120 cm menghasilkan konsumsi nutrisi terbaik pada kambing lokal jantan [79].

KESIMPULAN

Tanaman sorgum berpotensi untuk dikembangkan sebagai sumber hijauan pakan ternak ruminansia. Sorgum mampu tumbuh dan menghasilkan nutrisi dengan baik di lahan sub optimal terutama lahan kering. Sorgum hibrida dikembangkan untuk hijauan pakan ternak.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dengan pihak manapun terkait materi yang ditulis dalam naskah ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ritung, S. 2015. Sumberdaya lahan pertanian Indonesia: Luas, Penyebaran, dan Potensi Ketersediaan. 1st ed. IAARD Press, Bogor.
2. Prawiradiputra, B. R., S. Sajimin, A. Fanindi, and E. Sutedi. 2012. Hijauan pakan ternak untuk lahan sub-optimal. 1st ed. IAARD Press, Bogor.
3. Zubair, A. 2016. Sorgum tanaman multi manfaat. 1st ed. Unpad Press, Bandung.
4. Ernawati, N. M. L and I. K. Ngawit. 2015. Eksplorasi Dan Identifikasi Gulma, Hijauan Pakan Dan Limbah Pertanian yang Dimanfaatkan Sebagai Pakan Ternak Di Wilayah Lahan Kering Lombok Utara. Buletin Peternakan. 39(2): 92-102.
5. Mahmood, S., A. Wahid, F. Javed, and S. M. A. Basra. 2010. Heat stress effects on forage quality characteristics of maize (*Zea mays*) cultivars. Int. J. Agric. Biol. 12(5): 701-706.
6. Basu, S., V. Ramegowda, A. Kumar, and A. Pereira. 2016. Plant adaptation to drought stress. F1000Research. 5: 1-10. Doi: 10.12688/f1000research.7678.1
7. Irawan, B., and N. Sutisna. 2011. Prospek pengembangan sorgum di Jawa Barat mendukung diversifikasi pangan. Forum Penelitian Agro Ekonomi. 29(2): 99-113. Doi: 10.21082/fae.v29n2.2011.99-113
8. Zhang, X., H. Xia, Z. Li, P. Zhuang, and B. Gao. 2010. Bioresource Technology Potential of four forage grasses in remediation of Cd and Zn contaminated soils. Bioresour. Technol. 101(6): 2063-2066.
9. Bohnert, H. J., D. E. Nelson, and R. G. Jensen. 1995. Adaptations to environmental stresses. Plant Cell. 7(7): 1099-1111.
10. Arent, E. K and E. Zannini. 2013. Cereal grains for food and beverage industri. Woohead Publishing, Philadelphia.
11. Rahayu, W. and M, Samanhudi. 2012. Uji adaptasi beberapa varietas sorgum manis di lahan kering wilayah Jawa Tengah dan Jawa Timur. Caraka Tani J. Sust. Agric. 27(1): 53-62. Doi: 10.20961/carakatani.v27i1.14354
12. Purnomohadi, M. 2006. Potensi penggunaan beberapa varietas sorgum manis (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sebagai tanaman pakan. Berkala Penelitian Hayati. 12: 41-44.
13. Koten, B. B., R. D. Soetrisno, N. Ngadiyono, and B. Suwignyo. 2012. Produksi tanaman sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) varietas lokal rote sebagai hijauan pakan ruminansia pada umur panen dan dosis pupuk urea yang berbeda. Buletin Peternakan. 36(3): 150-155. Doi: 10.21059/buletinpeternak.v36i3.1622.
14. Pontieri, P and L. Del Giudice. 2016. Sorghum: a novel and healthy food. Reference Module in Food Science. Encycl. Food Heal. 2(4): 33-42.

15. Enciso, J., J. Jifon, L. Ribera, and S.D. Zapata. 2015. Yield, water use efficiency and economic analysis of energy sorghum in South Texas. *Biomass Bioenergy*. 81: 339-344.
16. Suwarti, S., R. Efendi, and M. Pabendon. 2017. Populasi Optimum Sorgum Manis sebagai Hijauan Pakan Ternak dengan Pengaturan Populasi Tanaman. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner*. 2017: 540-548.
17. Agung, I., I. Sardiana, I. Diara, and I.G.M Nurjaya. 2013. Adaptation, biomass and ethanol yields of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L) Moench) varieties at dryland farming areas of Jimbaran Bali, Indonesia. *J. Biol. Agric. Healthc*. 3: 110-115.
18. Iqbal, M. A and A. Iqbal. 2015. Overviewing Forage Shortage for Dairy Animals and Suitability of Forage Sorghum for Ensiling. *Glob. Vet*. 14(2): 173-177.
19. Féraud, A. 2016. *The Crop & its Uses Forage Sorghum*. Arvalis, Paris.
20. Tyas, E and W. Widyanto. 2016. Potensi sorgum sebagai pakan ternak di lahan kering. *Balitkab, Indonesia*.
21. Makkar, P.A., P.S.H, G. Tran, and V. Heuza. 2014. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *J. Anim. Feed. Sci. Tech*. 19(7): 1-33.
22. Getachew, G., D. H. Putnam, C. M. De Ben, and E. J. De Peters. 2016. Potential of Sorghum as an Alternative to Corn Forage. *Am. J. Plant Sci*. 7(7): 1106-1121. Doi: 10.4236/ajps.2016.77106.
23. Wahyono, T., S. Nugrahini, W. Hardani, D. Ansori, and T. Handayani. 2018. Profil pencernaan in vitro tanaman sorgum. *Prosiding Seminar Nasional APISORA*. 2018: 9-18.
24. Wahyono T. 2019. Karakteristik Tanaman Sorghum Green Fodder (SGF) Hasil Penanaman Secara Karakteristik Tanaman Sorghum Green Fodder (SGF) Hasil Penanaman Secara Hidroponik yang Dipanen pada Umur yang Berbeda. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Peternakan Tropis*. 6(2): 166-174. Doi: 10.33772/jitro.v6i2.5722
25. Dwitama, G. M. D. 2017. *Tanaman sorgum pakan hijau hibrid*. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
26. Hajar, H. 2020. Pertumbuhan, produksi dan nutrisi beberapa varietas sorgum hibrid dengan jarak tanam berbeda sebagai sumber pakan. *IPB, Bogor*.
27. Sriagtula, R. and S. Sowmen. 2018. Evaluasi Pertumbuhan dan Produktivitas Sorghum Mutan. *J. Peternak. Indones*. 20(2): 130-144. Doi: 10.25077/jpi.20.2.130-144.2018
28. Lyons, S. E., Q. M. Ketterings, G. S. Godwin, D. J. Cherney, M. E. V. Amburgh, J. J. Meisinger, and T. F. Kilcer. 2019. Optimal harvest timing for brown midrib forage sorghum yield, nutritive value, and ration performance. *J. Dairy Sci*. 102(8): 7134-7149. Doi: 10.3168/jds.2019-16516
29. Sher, A. F. H., H. Ali, M. Hussain, and A. Sattar. 2016. Enhancing forage quality through appropriate nitrogen dose, seed rate and harvest stage, in sorghum cultivars grown in Pakistan. *Grassl. Sci*. 63(1): 15-22. Doi: 10.1111/grs.12137
30. Pistoia, A., P. Poli, L. Casarosa, G. Balestri, and G. Ferruzzi. 2007. Sorghum used to fodder production in dry farming. *Ital. J. Anim. Sci*. 6(1): 342-344. Doi: 10.4081/ijas.2007.1s.342
31. Bhattarai, B., S. Singh, C. P. West, G. L. Ritchie, and C. L. Trostle. 2020. Effect of deficit irrigation on physiology and forage yield of forage sorghum, pearl millet, and corn. *Crop Sci*. 60(4): 1-30. Doi: 10.1002/csc2.20171
32. Wahyono T., D.A. Astuti, A. Jayanegara et al. 2019. Evaluasi Fraksi Serat untuk Mengestimasi Relative Feed Value pada Tanaman Sorghum Galur Mutan. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*. 15(2): 93-106. Doi: 10.17146/jair.2019.15.2.5281
33. Aqil, M and Z. Bunyamin. 2013. Optimalisasi pengelolaan agroklimat pertanaman sorgum. *Seminar Nasional Serealia*. 371-379.
34. Shahrajabian, M.H., A. Soleymani, and L. Naranjani 2011. Grain yield and forage characteristics of forage sorghum under different plant densities and nitrogen levels in second cropping after barley in Isfahan, Iran. *Res. Crop*. 12(1): 68-78.

35. Yoku, O. 2019. Potensi produksi hijauan dan komposisi kimia rumput sudan (*Sorghum sudanense*) sebagai sumber hijauan pakan lokal di wilayah Papua. *Pastura*. 6(1): 15-18.
36. Yudhika, F. A., A. Hanifa, and E. Handayanta. 2017. Efektifitas Produksi Nutrien Tanaman Sorgum dan Jagung Bagian Aerial dengan Media Tanam yang Berbeda. *Sains Peternak*. 15(2): 78-86. Doi: 10.20961/sainspet.v15i2.14334
37. Yuan, X., T. Xiong, S. Yao, H. Lie and N. Lie. 2019. A real field phytoremediation of multi-metals contaminated soils by selected hybrid sweet sorghum with high biomass and high accumulation ability. *Chemosphere*. 237: 1-8. Doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.124536
38. Samarappuli, D and T. M. Berti. 2018. Intercropping forage sorghum with maize is a promising alternative to maize silage for biogas production. *J. Clean. Prod.* 194: 515-524. Doi: 10.1016/j.jclepro.2018.05.083
39. Ehteshami, S. M., K. Khavazi, and A. Asgharzadeh. 2018. Forage sorghum quantity and quality as affected by biological phosphorous fertilization. *Grass Forage Sci.* 73(4): 926-937. Doi: 10.1111/gfs.12388
40. Iqbal, M. A., A. Bilal, M. H. Shah, and K. Ali. 2015. A Study on Forage Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) Production in Perspectives of White Revolution in Punjab, Pakistan: Issues and Future Options. *Am. J. Agric. Environ. Sci.* 15(3): 640-647. Doi: 10.5829/idosi.ajeas.2015.15.4.12600
41. Wahyuni, Y., T. Miyamoto, H. Hartati, D. Widjayantie, Y. Sulistyowati, V.E. Windiastri, A. Rachmat, N. S. Hartati, S. K. Ragamustari, Y. Tobimatsu, S. Nugroho, T. Umezawa. 2019. Variation in lignocellulose characteristics of 30 Indonesian sorghum (*Sorghum bicolor*) accessions. *Ind. Crops Prod.* 142: 1-10. Doi: 10.1016/j.indcrop.2019.111840
42. Capriyati, R., T. Tohari, and K. Dody. 2014. Pengaruh jarak tanam dalam tumpangsari sorgum manis (*Sorghum bicolor* L. Moench) dan dua habitus wijen (*Sesamum indicum* L.) Terhadap pertumbuhan dan hasil. *Vegetalika*. 3(3): 49-62. Doi: 10.22146/veg.5158
43. Suwati S., E. R, and M. Pabendon. 2017. Populasi Optimum Sorgum Manis sebagai Hijauan Pakan Ternak dengan Pengaturan Populasi Tanaman. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan Veteriner*. 2017: 540-548.
44. Fernandez, C., D. Fromme, and W. Grichar. 2012. Grain sorghum response to row spacing and plant populations in the Texas Coastal Bend Region. *Int. J. Agron.* 14-19. Doi: 10.1155/2012/238634
45. Borghi, E., C. A.C. Crusciol, A. S. Nascente, V. V. Sousa, P. O. Martins, G. P. Mateus, C. Costa, 2013. Sorghum grain yield, forage biomass production and revenue as affected by intercropping time. *Eur. J. Agron.* 51: 130-139. Doi: 10.1016/j.eja.2013.08.006
46. Impa, S., R. Perumal, S. R. Bean, V. Sunoj, and S. Jagadish. 2019. Water deficit and heat stress induced alterations in grain physic-chemical characteristics and micronutrient composition in field grown grain sorghum. *J. Cereal Sci.* 86: 124-131. Doi: 10.1016/j.jcs.2019.01.013
47. Needham, A., J. Eleanor, K. Stuart, and L. Linda. 2015. Sorghum : An Underutilized cereal whole grain with the potensial to assist in the prevention chronic disease. *J. Food Rev. inter.* 1(3): 40-437. Doi: 10.1080/87559129.2015.1022832
48. Sirappa, M. P. 2003. Prospek pengembangan sorghum di Indonesia sebagai komoditas alternatif untuk pangan, pakan, dan industri. *J. Lit. Pert.* 22(4): 133-140.
49. Shawrang, P. A., M. Sadeghi, H. Behgar, Zareshahi, and G. Shahhoseini. 2011. Study of chemical compositions, anti-nutritional contents and digestibility of electron beam irradiated sorghum grains. *Food Chem.* 125(2): 376-379. Doi: 10.1016/j.foodchem.2010.09.010
50. Ohmed, S., A. W. H. Abdalla, T. Inoue, A. Ping, and E. Babiker. 2014. Nutritional quality of grain sorghum cultivar grown under different levels of micronutrients fertilization. *J. Food chem.* 15(9): 374-380. Doi: 10.1016/j.foodchem.2014.03.033

51. Sambusiti, C., E. Ficara, F. Malpei, J. P. Steyer, and H. Carrère. 2012. Influence of alkaline pre-treatment conditions on structural features and methane production from ensiled sorghum forage. *Chem. Eng. J.* 211-212: 488-492. Doi: 10.1016/j.cej.2012.09.103
52. Abdullah, S. 2011. Komponen serat jerami jagung dan jerami sorgum setelah difermentasi dengan *Phanerochaete chrysosporium*. *J. sains Tekg. Tadulako.* 1(1): 1-12.
53. Human, S. 2008. Riset dan pengembangan Sorgum dan gandum untuk ketahanan pangan. LIPI, Bogor.
54. Andini, L., and F. Firsoni. 2012. Uji potensi fermentasi jerami sorgum menggunakan mikrostar. *Prosiding Seminar dan Pameran Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi.* 1: 361-370.
55. Praptiwi, I. 2011. Analisis kandungan ADF dan NDF limbah tiga varietas tanaman sorgum untuk pakan ternak ruminansia. *J. Agric.* 1(2) : 149-152.
56. Hassabo, A., E. Nahud, and M. O. Eisa. 2016. Growth of fodder crop (*Sorghum bicolor L.*) as animal feed research opinions in animal & veterinary sciences. *Research opinions in animal & veterinary sciences.* 1(4): 198-199.
57. Salimi, K. Y. 2012. Peranan ekstrak dan tepung sorgum (*Sorghum Bicolor L. Moench*) dalam penghambatan kanker secara in vitro dan in vivo pada mencit Bal B/C. IPB, Bogor.
58. Yunianta, Y., and H. Narsih. 2008. Studi lama perendaman dan lama perkecambahan sorgum (*Sorghum bicolor L. Moench*) untuk menghasilkan tepung rendah tanin dan fitat. *Jurnal Teknologi Pertanian.* 9(3) : 173-180.
59. Singh, J. R. F., M. P, J. E, Erickson, L. E. Sollenberger, K. R. Woodard, J.M.B. Vendramini. 2012. Mineral composition and biomass partitioning of sweet sorghum grown for bioenergy in the southeastern USA. *Biomass and Bioenergy.* 47(4): 1-8. Doi: 10.1016/j.biombioe.2012.10.022
60. Li, C., W. Xiaoping, L. Jie, N. Futai, G. Shujuan, W. Shufan, S. Decheng, Y. Chunwu. 2014. Effects of Soil Alkalization on Osmotic Adjustment and Ion Balance in Sorghum (*Sorghum Bicolor L.*). *J. Plant Nutr.* 37(7): 1104-1119. Doi: 10.1080/01904167.2014.887730
61. Kruger, J. R. N. T. and J. A. Oelofse. 2014. Effect of aqueous soaking on the phytate and mineral contents and phytate : mineral ratios of wholegrain normal sorghum and maize and low phytate sorghum. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 6: 55-61. Doi: 10.3109/09637486.2014.886182
62. Lema, U. B., M, A. Felix, S. Salako, and E. Ceibert. 2001. Nutrient Content and in vitro dry matter digestibility of silages made from various grain sorghum cultivars. *J. Appl. Anim. Res.* 19: 129-136.
63. Duodu, K. G., J. R. N. Taylor, P. S. Belton, and B. R. Hamaker. 2003. Factors affecting sorghum protein digestibility. *Journal of Cereal Science.* 38(2): 113-131. Doi: 10.1016/S0733-5210(03)00016-X.
64. Yahaghi, Y. W. H., M, J. B. Liang, J. Balcells, R, Valizadeh, M. F. Jahroni, and R. Alimon. 2014. Effect of substituting barley with sorgum on starch digestion, rumen microbial yield and growth in iranian Baluchi lambs fed high concentrate diets. *Anim. Feed Sci. Tech.* 183(3-4): 96-105. Doi: 10.1016/j.anifeedsci.2013.04.019
65. Shawrang, P., A. A. Sadeghi, M. Behgar, H. Zareshahi, and G. Shahhoseini. 2011. Study of chemical compositions, anti-nutritional contents and digestibility of electron beam irradiated sorghum grains. *Food Chem.* 125(2): 376-379. Doi: 10.1016/j.foodchem.2010.09.010
66. Andini, L., and S. Suharyono. 2009. Nilai biologis substitusi suplemen pakan multinutrien pada hijauan sorgum sebagai pakan ternak ruminansia secara in vitro. *Pros. Semin. Nas. Teknol. Peternak. Vet.* 2009: 201-207.
67. Zhong, R. Z., Y. Fang, Y. Q. Wang, H. X. Sun, and D. W. Zhou. 2015. Effects of substituting finely ground sorghum for finely ground corn on feed digestion and meat quality in lambs infected with *Haemonchus contortus*, *Anim. Feed Sci. Technol.* 211: 3140. Doi: 10.1016/j.anifeedsci.2015.08.007
68. Kumari, N. N., Y. R. Reddy, M. Blummel, D. Nagalakshmi, T. Monika, B.V.S. Reddy,

- and A.A. Kumar. 2014. Effect of feeding differently processed sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) bagasse based complete on nutrient utilization and microbial N supply in growing ram lambs. *Small Rumin. Res.* 117(1): 52-57. Doi: 10.1016/j.smallrumres.2013.12.003
69. Purbowati, E., C. I. Sutrisno, E. Baliarti, S. P. S. Budhi, and W. Lestariana. 2007. Pengaruh Pakan Komplek dengan Kadar Protein dan Energi yang Berbeda pada Penggemukan Domba Lokal Jantan secara Feedlot terhadap Konversi Pakan. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2007: 394-401.*
70. Geleta, N, M.T. Labuschagne, G. Osthoff, and A. Hugo. 2005. Physical dan chemical properties associated with food quality in sorghum. *S. Afr. J. Plant Soil.* 2(3):175-179
71. Aguerre, J. L. R., M, C. Cajarville, and G.V. Kozloski. 2013. Intake and digestive responses by ruminants fed fresh temperate pasture supplemented with increased levels of sorghum grain: A comparison between cattle and sheep. *Anim. Feed sci. tech.* 186 (1-2) :12-19. Doi: 10.1016/j.anifeedsci.2013.08.007
72. Pino F, and A. J. Heinrichs. 2016. Sorghum forage in precision-fed dairy heifer diets. *J. Dairy Sci.* 100(1): 224-235. Doi: 10.3168/jds.2016-11551
73. Anandan, S., H. Zoltan, A. A. Khan, D. Ravi, and M. Blümmel. 2012. Feeding value of sweet sorghum bagasse and leaf residues after juice extraction for bio-ethanol production fed to sheep as complete rations in diverse physical forms. *Anim. Feed Sci. Technol.* 175 (3-4) : 131-136. Doi: 10.1016/j.anifeedsci.2012.05.005
74. Klopfenstein, J. T. 2010. By Product Feeds Plant Origin. *Encyclopedia of animal science, Second ed. CRC Press, Boca Raton, FL. p. 56-63.*
75. Imanda, S., Y. Effendi, S. Sihono, and I. Sugoro. 2016. Evaluasi In Vitro Silase Sinambung Sorghum Varietas Samurai 2 yang Mengandung Probiotik BIOS K2 dalam Cairan Rumen Kerbau. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi.* 12(1): 1-7.
76. Praptiwi, P., A. Ako, and H. Hasan. 2011. Analisis limbah beberapa varietas tanaman sorghum (*Sorghum bicolor moench*) sebagai sumber pakan untuk ternak ruminansia. UNHAS Pr, Makasar.
77. Nur'aini, N. 2017. Evaluasi nutrisi dan fermentabilitas in vitro campuran legum Indigofera sp. dan kultivar baru tanaman sorghum (*Sorghum bicolor*). IPB, Bogor.
78. Colombini, S., L. Rapetti, D. Colombo, G. Galassi, and G. M. Crovetto. 2010. Brown midrib forage sorghum silage for the dairy cow: Nutritive value and comparison with corn silage in the diet. *Ital. J. Anim. Sci.* 9(3): 273-277. Doi: 10.4081/ijas.2010.e53
79. Koten, B. B., R. Wea, R. D. Soetrisno, N. Ngadiyono, and B. Soewignyo. 2014. Konsumsi Nutrien Ternak Kambing yang Mendapatkan Hijauan Hasil Tumpangsari Arbila (*Phaseolus lunatus*) dengan Sorghum sebagai Tanaman Sela pada Jarak Tanam Arbila dan Jumlah Baris Sorghum yang Berbeda. *Jurnal Ilmu Ternak.* 1(8): 38-45. Doi: 10.24198/jit.v14i1.5146
80. Wright, A. 1993. Combining the Best of Both Worlds. *World Agric. Sterl. Pub. Gr. PLC, Hongkong.*
81. Santoso B., and B. Hariadi. 2008. Komposisi kimia, degradasi dan produksi gas metana in vitro rumput tropik yang diawetkan dengan metode silase dan hay. *Media Peternakan.* 31(2): 128 - 137.
82. Das, L. K., D. Kumar, and C. Datt. 2015. Fractination of carbohydrate and protein content of some forage feeds of ruminants for nutritive evaluation. *J. Vet. World.* 8(2): 197-202. Doi: 10.14202/vetworld.2015.197-202
83. Habyarimana, P. B. E., D. Laureti, V. di Bari, and C. Cosentino, S. Lorenzoni. 2004. Multilocational evaluation of biomass sorghum hybrids under two stand densities and variable water supply in Italy. *Ind. Crop. Prod.* 20: 3-9.
84. Gayen, D., S. Paul, S. N. Sarkar, S. K. Datta, and K. Datta. 2016. Comparative nutritional compositions and proteomics analysis of transgenic Xa21 rice seeds compared to conventional rice. *Food*

- Chem. 203: 301-307. Doi: 10.1016/j.foodchem.2016.02.058
85. Colombo, D, G. Crovetto, S. Colombini, and G. Galassi. 2007. Nutritive value of different hybrids of sorghum forage determined in vitro. *Ital. J. Anim. Sci.* 1: 289-291.
86. FAO. 2015. Food Outlook Biannual report on global food markets. Food And Agriculture Organization Of The United Nations, Rome, Italy.
87. Bakici, Y., M. Demirel. 2004. Determination of qualities of corn, sorghum, sudangrass and sorghum x sudangrass hybrid silages. *J. Appl. Anim. Res.* 26(1): 45-48. Doi: 10.1080/09712119.2004.9706503