

## **Biochar dan Asap Cair untuk Meningkatkan Performa Ternak** **(Utilization of Biochar and Liquid Smoke to Increase Livestock Performance)**

Novia Qomariyah<sup>1,2</sup>, Y Retnani<sup>3</sup>, A Jayanegara<sup>3</sup>, E Wina<sup>4</sup> dan IG Permana<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Ilmu Nutrisi dan Pakan, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor

<sup>2</sup>Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Selatan, Jl. Perintis Kemerdekaan km. 17,5, Makassar

<sup>3</sup>Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor

<sup>4</sup>Balai Penelitian Ternak, PO Box 221, Bogor

Kontributor utama: [novia\\_joyo@yahoo.com](mailto:novia_joyo@yahoo.com)

(Diterima 28 Oktober 2019 – Direvisi 20 November 2019 – Disetujui 3 Desember 2019)

### **ABSTRACT**

Biochar and liquid smoke may be utilized as feed additives that potentially used as substitutes for antibiotics. These products are derived from the pyrolysis process that utilizes agricultural, plantation and wood residues. This paper aims to review research results regarding the use of biochar and liquid smoke as feed additives in both non-ruminants and ruminants. Information on the use of biochar and liquid smoke in livestock are available such as the use of 0.5-1 g bamboo charcoal/ kg goat feed increased growth; addition of 0.2-0.6% corn cobs char to chicken feed showed significant increase in body weight; the addition of 0.6% biochar/ kg feed to local cattle feed increased body weight; the use of activated charcoal containing wood vinegar liquid can reduce cryptosporidiosis in goats and cattle. The opportunity to use agricultural and plantation residues as raw materials for generating biochar and liquid smoke is one of the breakthroughs in realizing the concept of sustainable and environmentally friendly of bioindustrial agriculture. The use of biochar and liquid smoke from agricultural and plantation residues is expected to increase livestock productivity.

**Key words:** Biochar, liquid smoke, performance, livestock

### **ABSTRAK**

*Biochar* dan asap cair merupakan salah satu pakan aditif yang potensial dimanfaatkan sebagai pengganti antibiotik. Keduanya berasal dari proses pirolisis yang memanfaatkan limbah baik pertanian, perkebunan maupun sisa kayu. Penelitian *biochar* dan asap cair (*liquid smoke*) pada ternak di Indonesia masih terbatas informasinya. Paper ini mengulas sejumlah hasil riset mengenai penggunaan *biochar* dan asap cair sebagai pakan aditif pada ternak unggas dan ruminansia. Informasi penggunaan *biochar* dan asap cair pada ternak, diantaranya: pemberian *biochar* bambu 0,5-1 g/kg pakan kambing meningkatkan pertumbuhan; penambahan *biochar* tongkol jagung 0,2-0,6% ke dalam pakan ayam menghasilkan peningkatan berat badan; penambahan *biochar* 0,6% bahan kering ke dalam pakan sapi lokal meningkatkan bobot badan; pemanfaatan campuran *activated charcoal* dan asap cair dari kayu dapat menekan *cryptosporidiosis* pada anak kambing maupun sapi. Pemanfaatan limbah pertanian dan perkebunan sebagai bahan baku *biochar* dan *liquid smoke* merupakan salah satu terobosan dalam mewujudkan konsep pertanian bioindustri yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan. Penggunaan *biochar* dan asap cair dari limbah pertanian dan perkebunan meningkatkan produktivitas ternak.

**Kata kunci:** *Biochar*, asap cair, performa, ternak

### **PENDAHULUAN**

Salah satu cara untuk meningkatkan produktivitas ternak secara cepat adalah dengan penggunaan bahan aditif pemacu pertumbuhan yaitu *Antibiotic Growth Promoter* (AGP). Namun penggunaan antibiotik secara terus menerus menyebabkan dampak residu pada produk yang dihasilkan sehingga timbulnya resisten mikroba. Hal ini telah menjadi masalah besar dalam industri peternakan di seluruh dunia. Peternak di Indonesia telah banyak menggunakan AGP, namun dengan adanya pelarangan penggunaan AGP per 1 Januari 2018 oleh pemerintah maka peternak tidak

boleh lagi menggunakan AGP yang dicampur ke dalam pakan ternak dan harus mencari bahan AGP alternatif alami yang dapat mempercepat peningkatan performa ternak.

Saat ini ada beberapa AGP alternatif yang telah dikomersilkan antara lain bahan aktif dari tanaman (fitogenik), asam organik, probiotik, prebiotik atau enzim. Salah satu bahan yang memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi AGP alternatif adalah agen penurun emisi amonia serta metana adalah *biochar* (arang) dan asap cair (*liquid smoke/liqsmoke*). Arang dikenal selama berabad-abad sebagai salah satu pengobatan darurat untuk keracunan pada hewan.

Arang telah dikenal sebagai bahan adsorpsi yang baik karena mudah dihubungkan ke berbagai jenis molekul. Selain itu, arang sangat efektif dalam menghilangkan racun bakteri dalam studi *in vitro* (Du et al. 1987). Arang dapat menghilangkan racun dari *E. coli*. Penggunaan arang atau *biochar* pada ternak sebagai suplemen pakan untuk meningkatkan kesehatan hewan, efisiensi pakan dan produktivitas ternak. *Biochar* terbukti memberikan efek positif terhadap parameter adsorpsi toksin, pencernaan, darah, efisiensi pakan, kualitas daging dan/atau emisi gas rumah kaca (Schmidt et al. 2019). Sementara itu, *wood vinegar/pyrolygneous acid/liquid smoke/bio-oil* adalah kondensat air dari asap yang dihasilkan selama karbonisasi kayu. *Bamboo vinegar* adalah cairan transparan berwarna coklat-merah sebagai produk samping selama pirolisis arang bambu. Cairan ini mengandung lebih dari 200 jenis senyawa organik, termasuk asam asetat, senyawa fenolik, senyawa alkana, senyawa alkohol, senyawa dan bahan aldehida. Sementara *wood vinegar* adalah produk cair dari proses pirolisis kayu dan terdiri dari campuran kompleks air, fenol, guaiacol, vanilin, katekol, syringol, furan karboksaldehida, isoeugenol, piron, asam asetat, asam format dan asam karboksilat lainnya (Mohan et al. 2006). *Bamboo vinegar* dengan pH 2,5-2,8 dapat berfungsi sebagai insektisida, fungisida, bakterisida, dan deodoran untuk mengobati bau busuk dari hewan peliharaan (Akakabe et al. 2006). Pemanfaatan *bamboo vinegar* sebagai aditif pakan ternak adalah konsep baru pada unggas (Ruttanavut et al. 2009; Yamauchi et al. 2010). *Wood vinegar* merupakan penghambat pertumbuhan dan patogenisitas patogen (jamur dan bakteri) yang efektif pada tanaman (Chalermisan & Peerapan 2009).

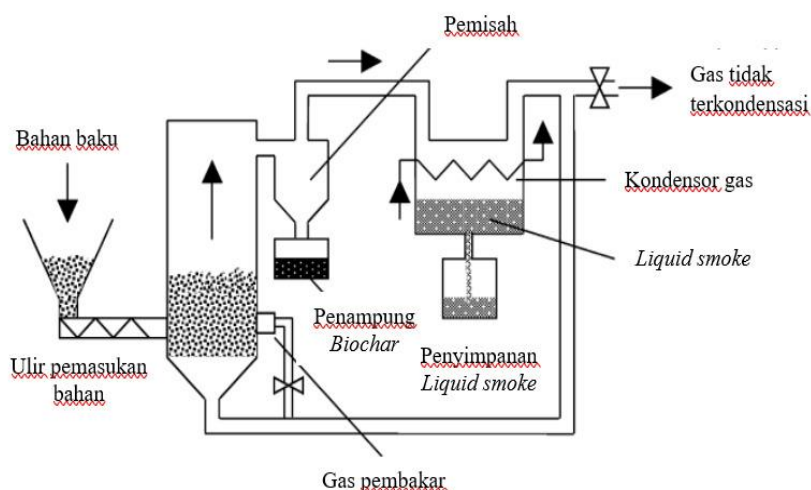
Manfaat penggunaan *biochar* dan asap cair diharapkan tidak hanya untuk meningkatkan produktivitas ternak melainkan juga berkontribusi

terhadap penurunan pemanasan global. Gas metana ( $CH_4$ ) disinyalir berkontribusi sebagai penyebab pemanasan global, dimana 50-60% berasal dari sektor pertanian. Dalam bidang peternakan, khususnya ternak ruminansia, gas metana dihasilkan dari aktivitas metanogen di dalam rumen dan diemisikan melalui mulut sebanyak 94% dan sebanyak 5-6% gas metana diproduksi dari feses selama penumpukan kotoran. Sementara dampak bagi ternak ruminansia adalah kehilangan energi pakan sebesar 5-9% yang seharusnya peruntukannya untuk produktivitas (Jeyanathan et al. 2014).

Selama ini, pemanfaatan arang (*biochar*) dan asap cair (*liquid smoke*) banyak dilakukan di bidang pertanian tetapi masih terbatas di bidang peternakan. Sementara itu, penelitian *biochar* dan asap cair (*liquid smoke*) pada ternak di Indonesia masih terbatas informasinya. Oleh karena itu paper ini bertujuan untuk menguraikan berbagai hasil riset mengenai penggunaan *biochar* dan asap cair sebagai pakan aditif dan responnya pada ternak unggas dan ruminansia.

#### TEKNOLOGI ARANG (*BIOCHAR*) DAN ASAP CAIR (*LIQUID SMOKE*)

Teknologi pembuatan arang dan asap cair dikenal dengan proses pirolisis, yaitu penguraian bahan organik atau biomassa dengan pasokan oksigen yang terbatas selama proses pembakaran berlangsung. Tahapan proses pirolisis yaitu: 1) Tahap penguapan air bahan, berlangsung pada suhu 100-120°C; 2) Tahap penguraian selulosa, berlangsung pada suhu 260-310°C; 3) Tahap penguraian lignin yang menghasilkan tar, berlangsung pada suhu 310-500°C; 4) Tahap pemurnian arang, berlangsung pada suhu 500-1000°C (Loppies 2016).



Gambar 1. Lay out alat pirolisis (Basu 2010)

Komposisi produk yang dihasilkan pada berbagai kondisi pirolisis selengkapnya disajikan pada Tabel 1. Menurut waktu dan suhu, ada 4 jenis pirolisis yaitu pirolisis lambat, menengah, cepat dan *gasifikasi* (Bridgwater 2003). Menurut Pari et al. (2006) persyaratan arang yang berkualitas sebagai berikut: 1) cukup keras dan tidak mudah hancur, 2) kandungan arang (*fixed carbon*) lebih dari 75%, 3) kadar abu 5%, 4) kadar air maksimal 15%, 5) kadar zat menguap maksimal 15%, 6) tidak tercemar oleh unsur-unsur yang membahayakan atau kotoran.

Alat pirolisis dikembangkan di tingkat petani modelnya sangat sederhana dengan sumber energi dari biomassa yang dibakar dan alat tersebut dalam skala laboratorium menggunakan tenaga listrik. Secara prinsip *lay out* alat pirolisis disajikan pada Gambar 1. Biomassa dimasukkan ke dalam ruang pirolisis yang mengandung padatan panas (*fluidized bed*) dan memanaskan biomassa ke suhu pirolisis, di mana dekomposisi dimulai. Uap kondensasi dan nonkondensasi dilepaskan dari biomassa meninggalkan ruang, sedangkan arang padat yang dihasilkan sebagian tetap di dalam ruang dan sebagian di dalam gas. Gas dipisahkan dari arang dan didinginkan di bagian hilir reaktor. Uap terkondensasi mengembun sebagai minyak/*bio-oil* atau minyak pirolisis; gas yang tidak terkondensasi meninggalkan ruang sebagai produk gas. Gas-gas ini dapat ditembakkan dalam kompor untuk memanaskan ruang pirolisis, atau dilepaskan untuk tujuan lain. Demikian pula, arang padat dapat dikumpulkan sebagai produk komersial atau dibakar dalam ruang terpisah untuk menghasilkan panas yang diperlukan untuk pirolisis. Karena gas ini bebas dari

oksigen, bagian gasnya dapat didaur ulang ke dalam ruang pirolisis sebagai pembawa panas atau media fluidisasi.

Bahan baku untuk memproduksi arang meliputi serbuk kayu, cabang dan cangkang industri kehutanan, sebagian besar bahan kayu. Potensi limbah pertanian dan perkebunan di Indonesia yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku *biochar* dan asap cair sangat melimpah. Salah satunya dilaporkan oleh Saenab et al. (2018) yaitu *biochar*, *biosmoke* dan *biofat* asal cangkang mete sebagai agen penurun metana pada ternak ruminansia. Sementara itu, limbah pertanian dan perkebunan yang sangat melimpah lainnya adalah sekam padi, batok/tempurung kelapa, dan kulit buah kakao.

Bahan-bahan yang dapat dibuat *biochar* dan asap cair selengkapnya disajikan pada Tabel 2. Pada Tabel 2 terlihat bahwa biomassa dari bahan yang sama akan menghasilkan komposisi produk hasil pirolisis yang berbeda dengan adanya perbedaan suhu pirolisis yang digunakan, dimana semakin tinggi suhu maka komposisi arang dan asap cair yang dihasilkan semakin menurun dan komposisi gas meningkat. Proses pirolisis pada bahan, suhu dan tipe reaktor yang sama, namun ukuran partikel berbeda menghasilkan komposisi hasil yang berbeda. Proses pirolisis pada sekam padi yang dilakukan pada suhu 450°C menggunakan *fluidised bed reactor* menghasilkan komposisi arang, asap cair dan gas masing-masing 32%, 43,5% dan 10% (Williams & Nugranad 2000); sementara hasil penelitian Zheng et al. (2006) pada bahan yang sama dengan tipe reaktor yang sama menghasilkan komposisi yang berbeda yaitu 29%, 56% dan 15%.

**Tabel 1.** Komposisi produk yang dihasilkan pada berbagai kondisi pirolisis

Proses	Asap cair	Padatan ( <i>biochar</i> )	Gas ( <i>syngas</i> )
<i>Pirolisis cepat:</i> Suhu tinggi (600–700°C), Waktu pemanasan singkat (<5 menit)	75% (25% air)	12%	13%
<i>Pirolisis menengah:</i> Suhu sedang (500–600°C), Waktu pemanasan sedang (5-15 menit)	50% (50% air)	25%	25%
<i>Pirolisis lambat:</i> Suhu rendah (400–500°C), Waktu pemanasan lama (>15 menit)	30% (70% air)	35%	35%
<i>Gasifikasi:</i> Suhu sangat tinggi (>800°C), waktu pemanasan lama	5% (5% air)	10%	85%

**Sumber:** Sohi et al. (2009)

**Tabel 2.** Komposisi hasil pirolisis dari berbagai jenis biomassa

Biomassa	Temperatur (°C)	Hasil (%)			Pustaka
		Arang	Asap cair	Gas	
Tonggol jagung	600	24,0	34,0	42,0	Cao et al. (2004)
Jerami padi	400	23,0	57,0	0,0	Lee et al. (2005)
	412	32,0	50,0	8,0	
Sekam padi	420	35,0	53,0	12,0	Zheng et al. (2006)
	450	29,0	56,0	15,0	
	480	24,0	56,0	20,0	
	510	21,0	33,0	26,0	
	540	18,0	49,0	33,0	
Kulit almon	300	47,3	41,3	11,4	González et al. (2005)
	400	30,6	53,1	16,3	
	500	26,0	49,3	24,7	
	600	23,5	44,3	32,2	
	700	21,7	36,3	42,0	
	800	21,5	31,0	47,5	
Kulit kemiri	480	17,0	23,0	50,0	Manurung et al. (2009)
	400	33,0	44,0	23,0	
Kulit kacang	500	45,0	30,0	25,0	Sricharoenchaikul et al. (2008)
	600	42,0	29,0	29,0	
	700	42,0	27,0	31,0	
	800	41,0	26,0	33,0	

### Karakteristik fisik dan kimia *biochar*

Menurut hasil penelitian Mukome et al. (2013) metode dan suhu pirolisis adalah faktor kunci yang mempengaruhi sifat fisik dan kimia *biochar*. Namun, informasi tentang karakteristik bahan baku untuk pembuatan *biochar* lebih mudah untuk dipahami seperti kadar abu lebih tinggi pada *biochar* dari kayu dibandingkan dengan *biochar* dari bahan non kayu. *Biochar* memiliki kadar abu yang rendah sehingga mudah dalam transportasi dan mengurangi dampak kerugian akibat tertiuap angin ketika pengaplikasian ke dalam tanah. Sementara itu, untuk *biochar* yang berasal dari kayu, luas permukaan berkorelasi dengan suhu pirolisis, jika suhu pirolisis rendah maka luas permukaan rendah. Semua *biochar* memiliki karakteristik umum pH tinggi (6,8–10,9) dan rasio C/N yang tinggi (>20). *Biochar* atau arang hayati tandan kosong kelapa sawit memiliki kadar makronutrien C 60%; N 1,07%; P 1,29%; K 13,37%; Mg 1,02%; Ca 1,71% dan mikronutrien Fe 0,95%; B 31 ppm dan Zn

248 ppm, dengan pH 9 (Kresnawaty et al. 2017). Proporsi relatif komponen *biochar* menentukan sifat kimia, fisik dan fungsi *biochar* secara keseluruhan (Brown 2009), yang pada gilirannya berpengaruh terhadap proses aplikasi, pengangkutan dan dampak ke lingkungan (Downie et al. 2009).

Kadar air adalah komponen penting dari *biochar*, karena kadar air yang lebih tinggi meningkatkan biaya produksi *biochar* dan biaya pengangkutannya. Kadar air *biochar* dijaga sebesar 10% (berdasarkan berat) dengan jalan mengeringkan bahan baku biomassa sebelum proses pirolisis.

### Karakteristik fisik dan kimia asap cair

Mohan et al. (2006) menyebutkan nama lain dari *bio-oil* adalah *pyrolysis oil*, *pyrolysis liquid*, *bio-crude oil* (BCO), *wood liquid*, *wood oil*, *liquid smoke*, *wood distillates*, *pyroligneous acid*, dan *liquid wood*. Kualitas dari asap cair/*bio-oil* tergantung komposisi

biomassa, terutama proporsi selulosa, hemiselulosa dan lignin (Yang et al. 2014).

Selain itu, Waghmare et al. (2016) menyatakan bahwa suhu dan tekanan mempunyai pengaruh yang nyata terhadap rendeman dan komposisi asap cair/bio-oil. Limbah biomassa serbuk gergaji akan maksimal menghasilkan asap cair pada tekanan 10 bar dan suhu 500°C yaitu sebesar 27,48%. Selain itu, asap cair/bio-oil hasil pirolisis mengandung berbagai bahan kimia termasuk siklopentanon, metoksi fenol, asam asetat, metanol, aseton, furfural, fenol (cincin aromatik), format asam, levoglucosan, guaiacol dan fenol teralkilasi dan turunannya (Lu et al. 2011).

Ukuran partikel juga berperan penting dalam kualitas produk hasil pirolisis. Islam et al. (2013) menyatakan bahwa pirolisis biji pinus menghasilkan asap cair maksimum pada suhu 500°C untuk ukuran partikel 2,36-2,76 mm, dan produk asap cair berkurang pada ukuran partikel yang lebih kasar dan pada suhu yang lebih rendah (400°C). Punsuwan & Tangsathikulchai (2014) mengidentifikasi pengaruh suhu (250-1.050°C) dan ukuran partikel (0,18-1,55 mm) pada hasil produk pirolisis dalam cangkang kelapa sawit, inti sawit dan *pulp* singkong bahwa suhu yang lebih tinggi dan ukuran partikel yang lebih kecil menyebabkan peningkatan asap cair.

Menurut hasil penelitian Fukuda (2014) bahwa kualitas produk asap cair tergantung pada suhu pirolisis, dimana arang yang dihasilkan akan menurun, ketika suhu meningkat. Sementara asap cair dihasilkan sebesar 50-60% pada kisaran suhu 450-550°C. Mempertimbangkan pengaruh dari sifat biomassa, dimana biomassa dengan kandungan materi volatil yang lebih tinggi cenderung memberikan hasil asap cair yang tinggi sementara kadar abu yang tinggi cenderung menghambat produksi asap cair. Karakteristik asap cair dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Karakteristik asap cair

Parameter	Karakteristik
Warna	Hampir hitam atau merah-coklat tua ke hijau tua, tergantung pada bahan baku awal dan jenis pirolisis yang digunakan
Densitas	~1,2 kg/L (densitas minyak sebagai bahan bakar sebesar ~0,85 kg/L)
Viskositas	rendah 25 cSt - tinggi 1000 cSt (diukur pada suhu 40°C)
Penyimpanan	Pada atau di bawah suhu ruang
pH	2-5
Bau	Asap yang khas

**Sumber:** Bridgwater (2003); Xiu & Shahbazi (2012)

Komposisi asap cair yang dihasilkan tergantung pada bahan baku, jumlah relatif selulosa dan lignin yang terkandung di dalamnya. Asap cair terdiri dari ukuran molekul yang berbeda yang berasal dari depolimerisasi dan reaksi fragmentasi dari tiga blok bangunan utama biomassa yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Kandungan lignin yang tinggi, seperti pada kulit kayu memiliki kecenderungan untuk memberikan hasil cairan yang lebih rendah (60-65%). Namun, ini diimbangi oleh kepadatan energi yang lebih tinggi daripada dalam bahan cair yang tinggi kandungan selulosanya. Sementara pada bahan yang memiliki kandungan selulosa tinggi memberikan hasil cairan yang lebih tinggi (75-93%). Pada Tabel 4 disajikan kisaran proporsi relatif dari komponen asap cair. Asap cair memiliki kandungan air 15-30% berasal dari kadar air bahan baku dan produk dehidrasi selama proses pirolisis dan penyimpanan. Derajat keasaman (pH) asap cair rendah mengingat kandungannya sebagian besar adalah asam karboksilat, seperti asam asetat dan asam format (Zhang et al. 2007). Hasil penelitian Saenab et al. (2016) melaporkan bahwa pH dari asap cair 3,12-3,69

**Tabel 4.** Kisaran proporsi relatif dari komponen asap cair

Komponen	Proporsi
Kadar air (%)	15-30
pH	2,5
Komposisi unsur (%)	
C	54-58
H	5,5-7,0
O	35-40
N	0-0,2
Abu	0-0,2

**Sumber:** Mohan et al. (2006)

### Karakteristik biologis *biochar* dan asap cair

Beberapa penelitian menunjukkan kegunaan senyawa fenolik yang terkandung dalam asap cair berasal dari lignin berguna sebagai agen antimikroba (menekan pertumbuhan bakteri) (Beker et al. 2016). Senyawa fenol memiliki sifat antimikroba yaitu bersifat bakterisidal (membunuh bakteri), bakteristatik (menghambat pertumbuhan bakteri), fungisidal (membunuh jamur), fungistatik (menghambat pertumbuhan jamur). Pemanfaatannya sebagai antibakteri, antioksidan dan antifungal dengan adanya senyawa polifenol yang dapat menyebabkan kerusakan

oksidatif. Selain itu, senyawa polifenol merupakan senyawa kimia yang memiliki sifat antioksidan (Crozier et al. 2011).

Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengidentifikasi bahan biomassa mana yang menghasilkan asap cair dengan aktivitas antimikroba terkuat. Kelompok hidroksil (-OH) dari senyawa fenolik ini dapat berinteraksi dengan membran sel dan memecah strukturnya, menyebabkan kebocoran komponen intraseluler. Kelompok aktif seperti hidroksil (-OH) meningkatkan pergerakan elektron dalam membran, bertindak sebagai penukar elektron dan menyebabkan pengurangan gradien elektron melintasi membran. Proses ini menyebabkan runtuhnya kekuatan penggerak proton dan penurunan adenosin trifosfat (ATP) dan akhirnya menyebabkan kematian sel. Gugus hidroksil ini dapat dengan mudah terhubung ke situs aktif enzim yang mengubah metabolisme seluler mikroorganisme.

Sementara itu, arang telah dikenal sebagai bahan adsorpsi yang baik karena hubungannya dengan berbagai jenis molekul. Berdasarkan hasil penelitian Yang et al. (2019) bahwa *biochar* yang berasal dari bahan baku yang berbeda memiliki efek yang berbeda pada pertumbuhan bakteri, bahkan *strain* yang berbeda menunjukkan respon pertumbuhan yang tidak sama terhadap sampel *biochar* yang sama. *Biochar* dari tongkol jagung secara signifikan mampu merangsang pertumbuhan sebagian besar *strain* yang diuji, sedangkan pertumbuhan empat *strain*, termasuk *Bacillus pumilus* ACCC04306, *B. licheniformis*, *B. cereus*, dan *Kitasatospora viridis*, dihambat oleh penambahan *biochar* dari sekam padi. Semua *biochar* sangat mendukung pertumbuhan *B. mucilaginosus* tetapi menghambat bakteri *K. viridis*. *Biochar* dari tongkol jagung menunjukkan adsorpsi terkuat pada *B. thuringiensis* tetapi menunjukkan pertumbuhan terbesar pada *B. mucilaginosus*.

## PEMANFAATAN BIOCHAR DAN ASAP CAIR SEBAGAI PAKAN ADITIF PADA TERNAK

### Ternak unggas

Asap cair dapat digunakan pada hewan ternak agar sistem pencernaan dan absorpsi nutrisi berjalan baik, serta mengurangi diare. Hasil penelitian penggunaan *biochar* dan asap cair pada ternak unggas disajikan pada Tabel 5.

Hasil penelitian menunjukkan respon positif pada parameter kesehatan dan produksi ternak. Dilaporkan bahwa *biochar* dapat menekan populasi bakteri patogen sehingga kematian ternak unggas dapat ditekan. Selain itu, campuran *biochar* dan asap cair dapat

meningkatkan fungsi villi usus sehingga penyerapan nutrisi menjadi lebih baik.

Asap cair dari kulit kacang mete dapat menekan jumlah bakteri *E coli* secara *in vitro* (Sinurat et al. 2018). Pemberian asap cair melalui air minum sampai taraf 1,00% memberikan hasil yang optimal terhadap sistem imun dan angka mortalitas ayam broiler (Yosi & Sandi 2014). Pemberian *bamboo vinegar powder* hingga 1% dalam ransum memberikan efek kekebalan yang mirip dengan antibiotik (Qin et al. 2018). Penelitian lainnya pada itik pemberian *biochar* 1% ke dalam pakan basal mengandung *sea tangle* (*Laminaria japonica*) menghasilkan daging yang memiliki kadar lemak kasar yang tinggi; peningkatan konsentrasi asam lemak omega-3 dan penurunan rasio n-6/n-3 rasio *polyunsaturated fatty acids* (PUFA) Islam et al. (2014).

### Ternak ruminansia

Beberapa hasil riset penggunaan *biochar* dan asap cair pada ternak ruminansia disajikan pada Tabel 6. Informasi tentang penelitian asap cair pada ruminansia sangat terbatas sedangkan informasi mengenai penggunaan *biochar* pada ruminansia lebih banyak. Tetapi *biochar* yang digunakan adalah *biochar* yang sudah diaktivasi dengan asam.

Hasil-hasil penelitian menunjukkan respon yang positif terhadap parameter produksi maupun kesehatan ternak ruminansia. Penggunaan *biochar* teraktivasi dapat meningkatkan pencernaan dan menurunkan emisi metana sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan energi. Sedangkan penggunaan campuran *biochar* dan asap cair pada anak kambing atau anak sapi dapat menekan diare sehingga meningkatkan kesehatan ternak.

Hasil penelitian Kook & Kim (2003) melaporkan penambahan *bamboo vinegar* (BV) 3% dan 6% pada sapi asli Korea "Hanwoo" terhadap kinerja pertumbuhan, profil serum dan kualitas daging. Hasil menunjukkan kenaikan berat badan harian sedikit meningkat pada 3% BV, tetapi menurun pada 6% BV. Konsumsi pakan menurun dengan peningkatan level *Bamboo vinegar* (BV). Sementara konsentrasi glukosa profil serum menurun pada kedua level *Bamboo vinegar* (BV), tetapi total konsentrasi protein dan kolesterol meningkat dengan penambahan level *Bamboo vinegar* (BV).

Konsentrasi *blood urea nitrogen* (BUN) meningkat dengan penambahan 3% BV. Dalam karakteristik karkas, otot longissimus dari semua level BV tidak menunjukkan efek signifikan, namun ketebalan lemak punggung menurun secara signifikan pada 6% BV. Skor *marbling* meningkat dengan penambahan 3% BV, sehingga meningkatkan kualitas daging.

Komposisi asam lemak jenuh *saturated fatty acid* (SFA) menurun, sedangkan asam lemak tak jenuh *unsaturated fatty acids* (USFA) meningkat dengan penambahan 3% BV. Riset yang lain Kim & Kim (2005) yang membandingkan penggunaan pakan komersial dengan pakan yang ditambahkan bubuk arang dengan penambahan vitamin A. Penambahan 2% charcoal dan 0,2% vitamin A pada pakan sangat berpengaruh terhadap tekstur daging pada sapi jantan "Hanwoo", namun tidak berpengaruh terhadap kenaikan bobot badan sapi.

Penelitian Abustam et al. (2017) melakukan penambahan *liquid smoke* dengan konsentrasi yang berbeda (0, 10, 20%) dan masing-masing dicampur sebanyak 2% ke dalam blok pakan (*urea, coconut water, liquid smoke multi-nutrient block/UCSMB*). UCSMB diberikan kepada sapi Bali selama 45 hari dan menghasilkan daging dengan kualitas seperti *water holding capacity* (WHC), *cooked meat shear force value* (CMSF), *cooking loss* (CL), nilai TBARS, warna daging lebih baik dibandingkan kontrol.

**Tabel 5.** Hasil penelitian penggunaan *biochar* dan asap cair pada ternak unggas

Bentuk	Dosis	Hasil penelitian	Pustaka
<i>Biochar</i>	1, 2 dan 4%	<i>Biochar</i> 2% menurunkan bakteri patogen unggas seperti <i>Campylobacter</i> , <i>G. anatis</i> dan <i>C. hepaticus</i>	Willson et al. (2019)
<i>Biochar</i> sekam padi	0, 1% dari BK pakan	Menurunkan bakteri patogen pada feses ayam lokal	Hien et al. (2018)
Campuran <i>bamboo charcoal</i> dan <i>bamboo vinegar</i> (BCV)	0; 0,5; 1 dan 1,5%	BCV level 1,0% mengurangi bakteri patogen dan merangsang fungsi usus; BCV level 1,5% meningkatkan ketebalan kulit telur	Rattanawut et al. (2017)
Arang dari <i>woody green waste</i>	1;2 dan 4% dari BK pakan	Berat telur meningkat 5% dan konversi pakan 12%, lebih baik dibandingkan kontrol	Prasai et al. (2017)
<i>Biochar</i>	0; 2% dari BK	Tingkat kematian 17% < kontrol	Kupper et al. (2015)
Campuran <i>bamboo charcoal</i> dan <i>bamboo vinegar</i> (BCV)	0; 0,5; 1 dan 1,5%	BCV 1% memberikan kinerja pertumbuhan terbaik pada ayam Betong	Rattanawut (2014)
<i>Charcoal</i>	0,1; 0,5, dan 1%	Pemberian pada level 1% dapat menggantikan penggunaan antibiotik pada itik	Islam et al. (2014)
<i>Charcoal</i> tongkol jagung	0,2; 0,4; 0,6; 0,8 dan 1% dari BK	Meningkatkan kinerja pertumbuhan dan beberapa sifat karkas pada ayam broiler	Kana et al. (2011)
<i>Bamboo charcoal</i> dan <i>bamboo vinegar</i>	0; 0,5; 1 dan 1,5% dari BK pakan	Dosis 1% dapat menggantikan antibiotik, menstimulasi villi usus dan struktur sel epitel sehingga meningkatkan kinerja produksi ayam <i>white leghorn</i>	Yamauchi et al. (2010)
<i>Charcoal</i>	0,3% dari BK pakan	Peningkatan bobot badan dan efisiensi pakan serta penurunan kematian sebesar 4,4% pada kalkun	Majewska et al. (2009)
Campuran <i>bamboo charcoal powder</i> dan <i>vinegar liquid</i>	0; 0,1 dan 1% dari BK pakan	Pemberian 1% pada itik dapat meningkatkan villi usus dan sel epitel	Ruttanavut et al. (2009)
<i>Charcoal</i>	3 kg/ton pakan	Meningkatkan bobot badan 6,5%, menurunkan konversi pakan 6,9% dan kematian kalkun dibanding kontrol	Majewska et al. (2009)

**Tabel 6.** Hasil penelitian penggunaan *biochar* dan asap cair pada ternak ruminansia

Bentuk	Dosis	Hasil penelitian	Jenis ternak	Pustaka
<i>Biochar</i> sekam padi	1% dari BK pakan	Meningkatkan konsumsi BK sebesar 4% dan pertambahan bobot badan 17%	Sapi lokal	Vongkhamchanh et al. (2018)
<i>Liquid smoke</i>	0, 10, 20%	Meningkatkan kualitas daging	Sapi	Abustam et al. (2017)
<i>Activated charcoal (AC)</i>	15 dan 30 g/kg BK pakan	Tidak berpengaruh pada konsumsi dan pencernaan. pemberian hingga 30 g/kg meningkatkan konsentrasi C feses yang dapat terdegradasi secara perlahan, tanpa efek negatif pada metabolisme N kambing	Kambing	Al-kindil et al. (2016)
<i>Biochar</i>	1% dari BK pakan	Meningkatkan pencernaan BK, BO, protein kasar, dan retensi nitrogen serta konversi pakan yang lebih baik	Kambing	Silivong & Preston (2016)
<i>Biochar</i> komersial	1% dari BK pakan	Penurunan produksi metana hingga inkubasi 48 jam	Sapi ( <i>in vitro</i> )	Leng et al. (2013)
<i>Biochar</i> komersial	0,6% dari BK pakan	Mengurangi produksi metana masing-masing sebesar 22 dan 29%, efeknya menjadi aditif (41% reduksi) untuk kombinasi <i>biochar</i> dan nitrat	Sapi	Leng et al. (2012)
<i>Activated carbon</i>	0, 20, 40 g	Meningkatkan total pencernaan nutrisi ketika sapi diberi pakan silase berkualitas buruk, tetapi karbon aktif tidak efektif digunakan ketika hijauan pakan berkualitas baik diberikan	Sapi	Erickson et al. (2011)
<i>Activated charcoal</i> mengandung <i>wood vinegar liquid</i>	3,75 g/hari/ekor	Efektif mencegah diare yang disebabkan oleh <i>cryptosporidiosis</i> melalui pengurangan ekskresi oocista vs kontrol	Anak kambing	Paraud et al. (2011)
<i>Activated charcoal</i> mengandung <i>wood vinegar liquid</i>	10 g	Efektif mengobati <i>cryptosporidiosis</i> pada anak sapi	Anak Sapi	Watarai et al. (2008)
<i>Bamboo charcoal</i>	0; 0,5; 1,0 dan 1,5 g per kg bobot badan	Tidak meningkatkan konsumsi, namun meningkatkan pencernaan BK dan BO, dan protein kasar, nitrogen dan retensi nitrogen pada dosis 0,5 dan 1,0 daripada kontrol	Kambing	Van et al. (2006)

#### PELUANG PEMANFAATAN *BIOCHAR* DAN ASAP CAIR DI INDONESIA

Sebagai akibat pelarangan penggunaan AGP dalam pakan maka harus dicari bahan AGP alternatif alami yang dapat mempercepat peningkatan performa ternak. Pelarangan ini bukan tanpa sebab, mengingat status resistensi antibiotika terhadap bakteri baik pada manusia maupun hewan semakin meningkat,

khususnya *Salmonella* spp. dan *Escherichia coli*. Jika hal ini dibiarkan terus menerus dapat mencemari produk yang dihasilkan dan berdampak pada manusia yang mengkonsumsinya serta menimbulkan penyakit serius yang sulit diobati. Berbagai hasil studi penggunaan *biochar* dan asap cair sebagai aditif pakan dari berbagai sumber telah menunjukkan dampak positif diantaranya meningkatkan kesehatan hewan, efisiensi dan produktivitas ternak, absorpsi toksin,



kualitas daging, mengurangi kehilangan nutrisi akibat gas metana dan menurunkan emisi gas rumah kaca.

Penggunaan *biochar* dan asap cair ini juga dapat mendukung program bebas antibiotik, dimana petani diarahkan untuk memanfaatkan bahan fungsional di sekitarnya sebagai agen pemacu pertumbuhan yang alami dan ramah lingkungan. Pengembangan *biochar* dan asap cair dari biomassa limbah pertanian maupun perkebunan memiliki peluang besar untuk dikembangkan seperti limbah kulit buah kakao, limbah tempurung kelapa, tongkol jagung dan sebagainya. Bahan organik yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku *biochar* dalam penelitian diantaranya yaitu jerami padi, jerami jagung dan tandan kosong kelapa sawit (Maftu'ah & Nursyamsi 2014), cangkang kelapa sawit (Santi & Goenadi 2012), serbuk gergaji (Komarayati et al. 2012), dan sekam padi (Maftu'ah & Nursyamsi 2015; Saputra et al. 2016).

Di Indonesia potensi pembuatan *biochar* dan asap cair cukup besar, mengingat bahan baku seperti tempurung kelapa, tempurung kelapa sawit, kulit buah kakao, sekam padi, cangkang mete, tongkol jagung, residu kayu, tanaman bakau cukup tersedia. Pemanfaatan arang selama ini sebagai agen penyerap dalam pengolahan limbah cair, pemurnian air minum dan pemurnian limbah cairan pabrik. Namun pemanfaatan arang (*biochar*) dan asap cair sebagai pakan aditif ternak belum dikenal luas oleh masyarakat.

Diperlukan edukasi ke masyarakat pentingnya pemanfaatan limbah pertanian dan perkebunan sebagai bahan baku *biochar* dan asap cair sebagai salah satu alternatif AGP. Selain itu, pengembangan *biochar* dan asap cair dari biomassa limbah pertanian maupun perkebunan juga dapat mendukung program pengembangan bioindustri yang terintegrasi dengan ternak dan meningkatkan pendapatan petani. Sekaligus penanganan limbah ini sinergis dengan isu aktual dunia akan adanya tuntutan perlunya implementasi sistem pertanian yang berkelanjutan (*sustainable*) dan ramah lingkungan (*ecofriendly*) (Kementerian Pertanian 2014). Implikasi kebijakan pengembangan *biochar* dan asap cair berbasis integrasi limbah pertanian-perkebunan dan ternak ini layak dilakukan pada provinsi sentra penghasil limbah pertanian-perkebunan dan sentra ternak ruminansia/*non*.

## KESIMPULAN

Pemanfaatan limbah pertanian dan perkebunan melalui pembuatan *biochar* dan *liquid smoke* sebagai pakan aditif telah terbukti mampu meningkatkan kesehatan hewan, efisiensi dan produktivitas ternak, absorpsi toksin, kualitas daging, mengurangi kehilangan nutrisi akibat gas metana dan menurunkan emisi gas rumah kaca. *Biochar* dan asap cair dapat dibuat dari limbah pertanian dan perkebunan.

Optimalisasi pemanfaatan limbah ini diharapkan menjadi dasar dalam mewujudkan konsep pertanian bioindustri yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abustam E, Said MI, Yusuf M, Nahariah, Tago S. 2017. Effect of liquid smoke concentration in feed block supplement and time of meat maturation on Bali beef quality. *Am J Sustain Agric*. 11:35-41.
- Akakabe Y, Tamura Y, Iwamoto S, Takabayashi M, Nyuugaku T. 2006. Volatile organic compounds with characteristic odor in bamboo vinegar. *Biosci Biotechnol Biochem*. 70:2797-2799.
- Al-kind A, Dickhoefer U, Schlecht E, Sundrum A, Schiborra A. 2016. Effects of quebracho tannin extract (*Schinopsis balansae* Engl.) and activated charcoal on nitrogen balance, rumen microbial protein synthesis and faecal composition of growing Boer goats. *Arch Anim Nutr*. 70:307-321.
- Basu P. 2010. Biomass gasification and pyrolysis: Practical design and theory. 2nd ed. San Diego (USA): Elsevier Science Publishing. p. 69.
- Beker SA, Machado ME, Maciel GPS, Silva R, Cataluña R, Caramão EB, Bento FM. 2016. Antimicrobial potential of bio-oil for use in diesel Oil B10. *J Braz Chem Soc*. 27:91-98.
- Bridgwater AV. 2003. Renewable fuels and chemicals by thermal processing of biomass. *Chem Eng J*. 9:87-102.
- Brown R. 2009. Biochar production technology. In: Lehmann J, Joseph S, editors. *Biochar for environmental management: Science and technology*. London (UK): Earthscan. p. 127-146.
- Cao Q, Xie KC, Bao WR, Shen SG. 2004. Pyrolytic behavior of waste corn. *Bioresour Technol*. 94:83-89.
- Chalermnan Y, Peerapan S. 2009. Wood vinegar: by product from rural charcoal kiln and its role in plant protection. *Asian J Food Agro-Industry*. 2009:189-195.
- Crozier SJ, Preston AG, Hurst JW, Payne MJ, Mann J, Hainly L, Miller DL. 2011. Cocoa seeds are a "Super Fruit": A comparative analysis of various fruit powders and products. *Chem Cent J*. 5:1-6.
- Downie A, Crosky A, Munroe P. 2009. Physical properties of biochar. In: Lehmann J, Joseph S, editors. *Biochar for environmental management: Science and technology*. London (UK): Earthscan. p. 13-32.
- Du XN, Niu Z, Zhou GZ, Li ZM. 1987. Effect of activated charcoal on endotoxin adsorption. Part I. An in vitro study. *Biomater Artif Cells Artif Organs*. 15:229-235.

- Erickson PS, Whitehouse NL, Dunn ML. 2011. Activated carbon supplementation of dairy cow diets: Effects on apparent total-tract nutrient digestibility and taste preference. *Prof Anim Sci.* 27:428-434.
- Fukuda S. 2014. Pyrolysis investigation for bio-oil production from various biomass feedstocks in Thailand. *Int J Green Energy.* 12:215-224.
- González JF, Ramiro A, González-García, C. M. Gañan J, Encinar J, Sabio E, Rubiales J. 2005. Pyrolysis of almond shells energy applications of fractions. *Ind Eng Chem Res.* 44:3003-3012.
- Hien NN, Dung NNX, Manh LH, Le Minh BT. 2018. Effects of biochar inclusion in feed and chicken litter on growth performance, plasma lipids and fecal bacteria count of Noi lai chicken. *Livest Res Rural Dev.* 30:1-9.
- Islam MM, Ahmed ST, Kim YJ, Mun HS, Kim YJC, Yang J. 2014. Effect of Sea Tangle (*Laminaria japonica*) and charcoal supplementation as alternatives to antibiotics on growth performance and meat quality of ducks. *Asian-Australasian J Anim Sci.* 27:217-224.
- Islam MN, Joardderb MUH, Hoque SMN, Shazib MS. 2013. A Comparative study on pyrolysis for liquid oil from different biomass solid wastes. *Procedia Eng.* 56:643-649.
- Jeyanathan J, Martin C, Morgavi D. 2014. The use of direct-fed microbials for mitigation of ruminant methane emissions: a review. *Animal.* 8:250-261.
- Kana JR, Tegua A, Mungfu BM, Joseph T. 2011. Growth performance and carcass characteristics of broiler chickens fed diets supplemented with graded levels of charcoal from maize cob or seed of *Canarium schweinfurthii*. *Engl. Trop Anim Health Prod.* 43:51-56.
- Kementerian Pertanian. 2014. Konsep strategi induk pembangunan pertanian 2013-2045. Pertanian bioindustri berkelanjutan. solusi pembangunan pertanian Indonesia masa depan. Jakarta (Indonesia): Kementerian Pertanian.
- Kim BK, Kim YJ. 2005. Effects of feeding charcoal powder and vitamin A on growth performance, serum profile and carcass characteristics of fattening Hanwoo steers. *J Anim Sci Technol.* 47:233-242.
- Komarayati S, Gusmailina, Pari G. 2012. Arang dan cuka kayu: Produk hasil hutan bukan kayu untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman dan serapan hara. *Penelitian Hasil Hutan.* 31:49-62.
- Kook K, Kim KH. 2003. The effects of supplemental levels of bamboo vinegar on growth performance, serum profile and meat quality in fattening Hanwoo Cow. *J Anim Sci Technol.* 45:57-68.
- Kresnawaty I, Putra SM, Budiani A, Darmono TW. 2017. Konversi tandan kosong kelapa sawit (TKKS) menjadi arang hayati dan asap cair. *J Penelitian Pascapanen Pertanian.* 14:171-179.
- Kupper T, Fischlin I, Häni C, Spring P. 2015. Use of a feed additive based on biochar for mitigation of ammonia emissions from weaned piglets and broilers. In: RAMIRAN 2015 – 16th International Conference Rural-Urban Symbiosis. Hamburg, 8th–10th September 2015. Hamburg (Jerman): Hamburg University of Technology. p. 424-427.
- Lee KH, Kang BS, Park YK, Kim JS. 2005. Influence of reaction temperature, pretreatment, and a char removal system on the production of bio-oil from rice straw by fast pyrolysis, using a fluidized bed. *Energy Fuels.* 19:2179-2184.
- Leng RA, Inthapanya S, Preston T. 2013. All biochars are not equal in lowering methane production in the in vitro rumen incubations. *Livest Res Rural Dev.* 25:1-9.
- Leng RA, Preston TR, Inthapanya S. 2012. Biochar reduces enteric methane and improves growth and feed conversion in local “Yellow” cattle fed cassava root chips and fresh cassava foliage. *Livest Res Rural Dev.* 24:1-15.
- Loppies J. 2016. Karakteristik arang kulit buah kakao yang dihasilkan dari berbagai kondisi pirolisis. *J Industri Hasil Perkebunan.* 11:105-111.
- Lu R, Sheng G, Hu Y, Zheng P, Jiang H, Tang Y, Yu HQ. 2011. Fractional characterization of a bio-oil derived from rice husk. *Biomass Bioenergy.* 35:671-678.
- Majewska T, Mikulski D, Siwik T. 2009. Silica grit, charcoal and hardwood ash in Turkey nutrition. *J Elementol.* 14:489-500.
- Manurung R, Wever DAZ, Wildschut, J. Venderbosch, R.H. Hidayat H, Van Dam, J.E.G. Leijenhors, E.J. Broekhuis AA, Heeres HJ. 2009. Valorisation of *Jatropha curcas* L. plant parts: Nut shell conversion to fast pyrolysis oil. *Food Bioprod Process.* 87:187-196.
- Mohan D, Pittman CU, Steele PH. 2006. Pyrolysis of wood/biomass for bio-oil: A critical review. *Energy Fuels* 20:848-889.
- Maftu'ah E, Nursyamsi D. 2014. Potensi berbagai bahan organik rawa sebagai sumber biochar. Dalam: Setyawan AD, Sugiyarto, Pitoyo A, Hernawan UE, Widiastuti A, penyunting. *Manajemen Biodiversitas bagi Kemandirian Bahan Pangan, Bahan Obat dan Bahan Baku Industri.* Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia. Depok, 20 Desember 2014. Surakarta (Indonesia): Masyarakat Biodiversitas Indonesia. hlm. 776-781.

- Mukome FND, Zhang X, Silva LCR, Six J, Parikh SJ. 2013. Use of chemical and physical characteristics to investigate trends in biochar feedstocks. *J Agric Food Chem.* 61:2196-2204.
- Paraud C, Pors I, Journal JP, Besnier P, Reisdorffer L, Chartier C. 2011. Control of cryptosporidiosis in neonatal goat kids: Efficacy of a product containing activated charcoal and wood vinegar liquid (Obioneck®) in field conditions. *Vet Parasitol.* 180:354-357.
- Pari G, Hendra D, Pasaribu R. 2006. Pengaruh lama waktu aktivasi dan konsentrasi asam fosfat terhadap mutu arang kulit kayu *Acacia mangium*. *J Penelitian Hasil Hutan.* 24:33-46.
- Prasai TP, Walsh KB, Midmore DJ, Bhattarai SP. 2017. Effect of biochar, zeolite and bentonite feed supplements on egg yield and excreta attributes. *Anim Prod Sci.* 58:1632-1641.
- Punsuwan N, Tangsathitkulchai C. 2014. Product characterization and kinetics of biomass pyrolysis in a three-zone free-fall reactor. *Int J Chem Eng.* 2014: 1-10.
- Qin WY, Gan LN, Dong L, Yu LH, Wu SL, Bao WB. 2018. Effect of bamboo vinegar powder on the expression of the immune-related genes MyD88 and CD14 in weaning piglets. *Pol J Vet Sci.* 21:525-532.
- Rattanawut J. 2014. Effects of dietary bamboo charcoal powder including bamboo vinegar liquid supplementation on growth performance, fecal microflora population and intestinal morphology in Betong chickens. *J Poult Sci.* 51:165-171.
- Rattanawut J, Todsadee A, Yamauchi K. 2017. Effects of bamboo charcoal powder including vinegar supplementation on performance, eggshell quality, alterations of intestinal villi and intestinal pathogenic bacteria populations of aged laying hens. *Ital J Anim Sci.* 16:259-265.
- Ruttanavut J, Yamauchi K, Goto H, Erikawa T. 2009. Effects of dietary bamboo charcoal powder including vinegar liquid on growth performance and histological intestinal change in Aigamo ducks. *Int J Poult Sci.* 8:229-236.
- Saenab A, Wiryawan K., Retnani Y, Wina E. 2018. Manipulation of rumen fermentation by bioindustrial products of cashew nut shell (*Anacardium occidentale*) to reduce methane production. *JITV.* 23:61-70. doi: 10.14334/jitv.v23i2.1821.
- Saenab A, Wiryawan K, Retnani Y, Wina E. 2016. Karakteristik fisik dan kimia dari produk bioindustri cangkang jambu mete. *J Littri.* 22:81-90.
- Santi LP, Goenadi DH. 2012. Pemanfaatan biochar asal cangkang kelapa sawit sebagai bahan pembawa mikroba pemantap agregat. *Buana Sains.* 12:7-14.
- Saputra ART, Rahmawati L, Budianta D, Priatna SJ. 2016. Serapan nitrogen pada pertumbuhan padi (*Oriza sativa* L.) dengan pemberian *biochar* di lahan rawa lebak. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal.* Palembang, 20-21 Oktober 2016. Palembang (Indonesia): Universitas Sriwijaya. hlm. 186-194.
- Schmidt HP, Hagemann N, Draper K, Kammann C. 2019. The use of biochar in animal feeding. *Peer J.* 7:e7373. doi: 10.7717/peerj.7373.
- Silivong P, Preston TR. 2016. Supplements of water spinach (*Ipomoea aquatica*) and biochar improved feed intake, digestibility, N retention and growth performance of goats fed foliage of *Bauhinia acuminata* as the basal diet. *Livest Res Rural Dev.* 28:1-9.
- Sinurat AP, Wina E, Rakhmani SIW, Wardhani T, Haryati T, Purwadaria T. 2018. Bioactive substances of some herbals and their effectiveness as antioxidant, antibacterial, and antifungi. *JITV.* 23:18-27.
- Sohi S, Lopez-Capel E, Krull E, Bol R. 2009. Biochar, climate change and soil: A review to guide future research. *CSIRO Land and Water Science Report Series.* Canberra (Australia): CSIRO.
- Sricharoenchaikul V, Pechyen C, Aht-ong D, Atong D. 2008. Preparation and characterization of activated carbon from the pyrolysis of physic Nut (*Jatropha curcas* L.) waste. *Energy Fuels.* 22:31-37.
- Van DTT, Mui NT, Ledin I. 2006. Effect of method of processing foliage of *Acacia mangium* and inclusion of bamboo charcoal in the diet on performance of growing goats. *Anim Feed Sci Tech.* 130:242-256.
- Vongkhamchanh B, Preston TR, Leng RA, An LV, Hai DT. 2018. Effect of biochar on growth performance of local "Yellow" cattle fed ensiled cassava roots, fresh brewers' grains and rice straw. *Livest Res Rural Dev.* 30:1-7.
- Waghmare VS, Kale GR, Deshmukh GM, Doke S. 2016. Experimental study of effect of pressure on pyrolysis of biomass. *IJRET.* 5:307-313.
- Watarai S, Tana, Koiwa M. 2008. Feeding activated charcoal from bark containing wood vinegar liquid (Nekka-Rich) is effective as treatment for Cryptosporidiosis in calves. *J Dairy Sci.* 91:1458-1463.
- Williams P, Nugranad N. 2000. Comparison of products from the pyrolysis and catalytic pyrolysis of rice husks. *Energy.* 25:493-513.
- Willson N., Van TTH, Bhattarai SP, Courtice JM, McIntyre JR, Prasai TP, Moore RJ, Walsh K, Stanley D. 2019. Feed supplementation with biochar may reduce poultry pathogens, including *Campylobacter hepaticus*, the causative agent of Spotty Liver Disease. *PLoS One.* 14:1-16.

- Xiu N, Shahbazi A. 2012. Bio-oil production and upgrading research: A review. *Renew Sustain Energy Rev.* 16:4406-4414.
- Yamauchi K, Ruttanavut J, Takenoyama S. 2010. Effects of dietary bamboo charcoal powder including vinegar liquid on chicken performance and histological alterations of intestine. *J Anim Feed Sci.* 19:257-268.
- Yang F, Zhou Y, Liu W, Tang W, Meng J, Chen W, Li X. 2019. Strain-specific effects of biochar and its water-soluble compounds on bacterial growth. *Appl Sci.* 9:1-11.
- Yang SI, Wu MS, Wu CY. 2014. Application of biomass fast pyrolysis, part I: Pyrolysis characteristics and products. *Energy.* 66:162-171.
- Yosi F, Sandi S. 2014. Pemanfaatan asap cair sebagai bahan aditif dan implikasinya terhadap sistem imun dan mortalitas ayam broiler. *J Peternakan Sriwijaya.* 3:28-34.
- Zhang Q, Chang J, Wang T, Xu Y. 2007. Review of biomass pyrolysis oil properties and upgrading research. *Energy Convers Manag.* 48:87-92.
- Zheng JL, Zhu XF, Guo QX, Zhu Q. 2006. Thermal conversion of rice husks and sawdust to liquid fuel. *Waste Manag.* 26:1430-1435.