

## KARAKTERISTIK FISIK DAN KIMIA DARI PRODUK BIOINDUSTRI CANGKANG JAMBU METE (*Anacardium occidentale*)

### *Physical and Chemical Characteristics of Bioindustry Products of Cashewnut Shell (*Anacardium occidentale*)*

ANDI SAENAB<sup>1)</sup>, K.G. WIRYAWAN<sup>2)</sup>, RETNANI Y.<sup>2)</sup> dan E. WINA<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Balai Pengkajian Teknologi Pertanian

Jalan Ragunan 30 Jakarta Kode Pos 12520

<sup>2)</sup> Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor

Jalan Agatis Dramaga Bogor

<sup>3)</sup> Balai Penelitian Ternak

Jalan Veteran III Ciawi, Bogor

Email : [enab37@yahoo.co.id](mailto:enab37@yahoo.co.id)

Diterima: 29-2-2016; Direvisi: 8-3-2016; Disetujui: 4-4-2016

#### ABSTRAK

Cangkang jambu mete merupakan limbah industri yang mempunyai potensi menghasilkan produk bioindustri yaitu biofat, biochar dan biosmoke. Penelitian bertujuan menghasilkan ketiga produk bioindustri, mengamati karakteristik fisika dan kimianya. Cangkang diproses menjadi ukuran partikel 1 cm dan ukuran 2 mm, diekstrak dengan heksan dan hasil ekstraksi dievaporasi untuk mendapatkan Biofat. Residu cangkang setelah ekstrak biofat diarangkan untuk menghasilkan Biochar dan Biosmoke. Analisis proksimat dilakukan pada cangkang segar, biofat, biochar dan biosmoke. Hasilnya rendemen biofat meningkat 3 kali lipat bila ukuran cangkang diperkecil 2 mm (17.81 g/100g BK), sedangkan biochar dan biosmoke meningkat 2 kali lipat ketika ukuran cangkang diperbesar 1 cm (30.82 g/100g BK dan 5.13 g/100g BK). Biofat mengandung lemak kasar dan total fenol tinggi (94.43 g/100g biofat, 46 mg/100g biofat) dan biosmoke mengandung total fenol cukup tinggi (7.2 mg/100g biosmoke) pada ukuran partikel besar. Hasil analisis GC-MS menunjukkan biofat dan biosmoke mengandung asam anakardat tinggi (74%) dan biochar mengandung mineral tinggi terutama kandungan abu (6.56%), Ca (0.69%), dan P (0.23%) meningkat 2 kali lipat pada ukuran partikel cangkang kecil dibandingkan besar. Karakteristik biosmoke memiliki kandungan asam tinggi (pH 3). Produk bioindustri cangkang jambu mete memiliki karakteristik fisik dan kimia spesifik untuk dimanfaatkan dalam berbagai bidang termasuk peternakan, pertanian atau pangan.

Kata kunci: *Anacardium occidentale*, bioindustri, cangkang, jambu mete, karakteristik fisika, kimia

#### ABSTRACT

The shell of the cashew nut industry waste has the potential to produce a product that is biofat bioindustry, biochar and biosmoke. The research aims to produce three products bioindustry, observe the physical and chemical characteristics. Eggshell processed into a particle size of 1 cm and 2 mm size, extracted with hexane and extraction evaporated to obtain Biofat. The residue biofat charred shell after the extract to produce Biochar and Biosmoke. Proximate analysis performed on fresh shells, biofat, biochar and biosmoke. The result biofat yield increased three-fold when the size of the shell is reduced to 2 mm (17.81 g/100g BK), while biochar and biosmoke increased two-fold when the size of the shell is enlarged 1 cm (30.82 g/100g BK and 5.13 g/100g BK). Biofat containing coarse fat and high total phenol (94.43 g/100g biofat, 46 mg/100g biofat) and total phenol containing biosmoke quite high (7.2 mg/100g biosmoke)

on a large particle size. The results of GC-MS analysis showed biofat and biosmoke acidic anacardic high (74%) and biochar contains minerals especially high ash content (6.56%), Ca (0.69%), and P (12.23%) 2-fold increase in the particle size of the shell smaller than the large. Mineral Fe (695 mg/kg) more contained shells of large particles, whereas the characteristic biosmoke have a high acid content (pH 3). Cashew nut shell bioindustry products have specific physical and chemical characteristics to be used in various fields including livestock, agriculture or food.

Keywords: *Anacardium occidentale*, Bioindustry, cashewnut shell, chemical characteristic

#### PENDAHULUAN

Tanaman jambu mete (*Anacardium occidentale*) merupakan tanaman yang dapat tumbuh dengan baik di Indonesia yang beriklim tropis. Produknya yaitu kacang mete merupakan produk eksport yang potensial. Pengembangan tanaman jambu mete di Indonesia pada tahun 2014 mencapai ± 577.168 ha, yang tersebar di 21 provinsi (BPS, 2014). Perkebunan jambu mete sebagian besar (± 98%) merupakan perkebunan rakyat dengan sentra pengembangan jambu mete adalah Jawa, NTT, Bali, dan Sulawesi. Adapun luas lahan terbesar di Nusa Tenggara dan Bali (45.18%), Sulawesi (34.68%) dan Jawa (16.5%). Produksi jambu mete dari tahun ke tahun mengalami peningkatan, dan pada tahun 2014 mencapai 118.174 ton gelondong (BPS, 2015). Sejak Tahun 2010, Direktorat Jenderal Bina Produksi Perkebunan telah melaksanakan berbagai program untuk memacu perluasan dan peningkatan produksi jambu mete, khususnya di Kawasan Timur Indonesia. Tanaman jambu mete memiliki keunggulan karena dapat dikembangkan pada daerah yang memiliki kondisi agroekologi marginal dan beriklim kering, sehingga merupakan komoditas andalan di Kawasan Timur Indonesia.

Produk utama tanaman jambu mete adalah kacang mete, sedangkan limbahnya adalah buah semu dan cangkang jambu mete. Sampai saat ini, baik buah semu maupun cangkang mete belum dimanfaatkan secara maksimal. Potensi limbah cangkang jambu mete di Indonesia cukup besar, bila diekstrak akan diperoleh cairan (minyak) yang disebut *Cashew Nut Shell Liquid* (CNSL). Menurut MULJOHARDJO (1991), persentase cangkang jambu mete di dalam gelondong sekitar 45-50%, sehingga bila produksi gelondong mete pada tahun 2013 sebesar 117.537 ton, maka diperoleh cangkang jambu mete sekitar 52.891-58.767 ton.

Produk bioindustri adalah produk yang berasal dari limbah yang mengalami proses, sehingga dapat dimanfaatkan lagi dan bersifat ramah lingkungan (*zero waste*). Cangkang jambu mete memiliki potensi untuk menghasilkan tiga produk bioindustri. Saat ini yang baru dikenal oleh masyarakat adalah produk biofat (CNSL), tetapi produk biosmoke dan biochar dari cangkang jambu mete belum ada yang mengerjakannya atau mengeksplorasinya, sehingga menjadi limbah dari pabrik industri pengolahan jambu mete. Salah satu teknologi alternatif yang dapat menjadi solusi bagi penanganan permasalahan limbah cangkang jambu mete ialah dengan teknik pirolisis. Menurut BRIDGWATER (2004) pirolisis didefinisikan sebagai proses dekomposisi suatu bahan oleh panas tanpa menggunakan oksigen yang diawali oleh pembakaran dan gasifikasi, serta diikuti oksidasi total atau parsial dari produk utama. Selanjutnya, DEMIRBAS (2005) menyatakan proses pirolisis mendegradasi suatu biomassa menjadi arang, tar dan gas.

Keberhasilan proses pirolisis untuk mendapatkan kualitas produk yang dapat dimanfaatkan peternak ditentukan oleh ukuran bahan. Semakin kecil ukuran bahan maka semakin mudah diserap dan dicerna oleh ternak (WINA, 2011). Oleh sebab itu, sebelum dilakukan pirolisis perlu dilakukan perubahan ukuran bahan. Kemudian dilakukan proses ekstraksi dengan pelarut kimia non polar untuk mendapatkan ketiga produk tersebut. Biofat dihasilkan dari proses ekstraksi, kemudian sisa ekstraksi di proses secara pirolisis untuk mendapatkan biochar dan biosmoke. Produk bioindustri biofat (minyak), biochar (arang) dan biosmoke (asap cair) perlu diketahui sifat kimianya. Informasi yang diuraikan akan sangat berarti untuk pemanfaatan produk jambu mete bioindustri di bidang peternakan maupun pertanian ataupun industri lainnya. Penelitian bertujuan untuk menghasilkan ketiga produk bioindustri tersebut dan karakteristik fisika dan kimianya.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari-Desember 2014, di Laboratorium Balai Penelitian Ternak, Laboratorium Kimia Terpadu Institut Pertanian Bogor, Laboratorium Balai Penelitian Residu dan Agrokimia Bogor, Laboratorium Kesehatan Daerah DKI Jakarta dan

Laboratorium Kimia Puslitbang Kehutanan. Materi penelitian berupa cangkang biji jambu mete yang diperoleh dari petani di Kabupaten Pati, Provinsi Jawa Tengah.

### Preparasi Cangkang Biji Jambu Mete dalam Dua Ukuran Partikel

Cangkang biji jambu mete dengan ukuran utuh yang telah dikeluarkan bijinya kemudian dijemur di bawah sinar matahari. Cangkang kering tersebut dipecah-pecah dengan ujung mortar menjadi sampel yang lewat saringan berukuran 1 cm sebagai partikel ukuran besar. Sebagian cangkang biji jambu mete tersebut digiling (di blender) dan disaring lewat saringan dengan ukuran 2 mm, untuk mendapatkan partikel ukuran kecil. Kemudian kedua partikel tersebut mengalami proses selanjutnya yang sama untuk mendapat 3 (tiga) produk bioindustri yaitu minyak (*Biofat*), arang (*Biochar*) dan asap cair (*Biosmoke*).

### Preparasi Produk Biofat

Preparasi produk biofat menggunakan metode SIMPEN (2008) yang telah di modifikasi. Cangkang biji jambu mete yang telah dipreparasi ditimbang sebanyak 100 g dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang bertutup dan ditambahkan 400 ml pelarut heksana. Setelah terendam, campuran (sampel dan pelarut) dikocok-kocok agar tercampur rata lalu didiamkan selama 24 jam. Pelarut atau filtrat kemudian dipisahkan dan ditambahkan pelarut heksana yang baru sebanyak 200 ml. Untuk setiap proses ekstraksi, larutan ekstrak dipisahkan dari ampasnya dengan penyaringan, filtratnya dicampur jadi satu. Selanjutnya, hasil ekstraksi dievaporasi dengan rotary evaporator pada suhu 40°C untuk menguapkan pelarutnya hingga semua heksana menguap dan yang tersisa adalah minyak yang kental berwarna coklat tua dan disebut Biofat.

### Preparasi Produk Biochar dan Biosmoke

Preparasi produk biochar dan biosmoke dilakukan menurut metode SUDRAJAT dan SALIM (1994). Residu cangkang setelah ekstrak biofat dibiarkan di udara terbuka untuk dikering anginkan. Residu tersebut lalu dimasukkan ke dalam tangki aktivasi (pirolisis) dan ditutup rapat. Kemudian tungku pirolisis mulai dinyalakan. Reaksi pirolisis berlangsung pada reaktor pirolisator yang bekerja pada suhu 600°C selama 8 jam. Tangki pirolisis dihubungkan dengan kondensor yang berupa koil melingkar. Fraksi yang menguap selama pirolisis akan terkondensasi dan ditampung dalam botol berupa larutan berwarna coklat dan disebut biosmoke. Setelah 8 jam pembakaran tungku dimatikan dan dibiarkan dingin. Dalam tungku akan diperoleh residu yang berwarna hitam yang disebut arang atau biochar.

### Parameter yang Diukur

Untuk menghitung rendeman, biofat yang berupa minyak kental, biochar yang berupa padatan berwarna

hitam dan biosmoke yang berupa cairan berwarna coklat ditimbang beratnya.

Parameter yang diukur yaitu (1) Untuk cangkang biji jambu mete segar adalah analisis proksimat (AOAC, 2005) yang terdiri atas kadar bahan kering, lemak, serat kasar, abu, dan kandungan mineral, (2) Untuk biofat adalah analisis kadar lemak dan abu, serta kandungan mineral; analisis asam lemak yang dilakukan dengan Gas Chromatography (AOAC, 2005), kadar total fenol (MAKKAR, 2003) dan identifikasi senyawa bioaktif dengan kromatografi gas-spektrometer massa (GC-MS), (3) Untuk biochar adalah analisis kadar abu (AOAC, 2005) dan kandungan mineral (AOAC, 2005) serta analisis menggunakan Scanning Elektron Mikroskope (SEM) (SEM 515, Philips) (4) Untuk biosmoke adalah analisis kadar lemak (AOAC, 2005), kadar total fenol (MAKKAR, 2003), pH dan identifikasi senyawa bioaktif (GC-MS).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Rendemen Produk Bioindustri dari Cangkang Biji Jambu Mete

Hasil rendemen ketiga produk bioindustri yang diperoleh dari cangkang biji jambu mete (Tabel 1) menunjukkan adanya perbedaan, karena ukuran partikel sampel yang berbeda.

Tabel 1. Jumlah rendemen produk bioindustri dari cangkang biji jambu mete dengan 2 macam ukuran partikel

Table 1. Yield of bioindustry products of cashew nut shell with 2 particle sizes

Produk bioindustri <i>Bioindustry Product*</i>	Ukuran partikel <i>Particle Size</i>	
	Besar/Big (1cm)	Kecil/Small (2mm)
Biofat (g/100g BK)	5.98	17.81
Biochar (g/100g BK)	30.82	16.59
Biosmoke (g/100g BK)	05.13	03.78

\*Laboratorium Balitnak, Ciawi dan Laboratorium Residu dan Agroklimat Bogor

\*Balitnak Laboratory, Ciawi and Residue and Agroclimate Laboratory Bogor

Hasil ekstrak dengan heksana menghasilkan produk biofat yang dikenal dengan nama CNSL (*Cashew Nut Shell Liquid*) meningkat 3 kali lipat bila ukuran cangkang diperkecil sampai 2 mm. Hasil penelitian di atas, rendemen dari biofat yang dihasilkan oleh cangkang memiliki ukuran partikel kecil lebih tinggi dibanding dengan ukuran partikel besar. Hal ini disebabkan partikel berukuran kecil memiliki luas permukaan yang besar sehingga kandungan lemak yang terekstrak lebih banyak bila dibandingkan dengan ukuran partikel yang besar.

Hasil yang diperoleh SIMPEN (2008) sebesar 44,38% mendapatkan rendemen yang jauh lebih tinggi karena menggunakan campuran pelarut heksana-ethanol per-

bandingan 3:1. Dalam penelitian ini, digunakan heksana tanpa campuran dengan pelarut lain menghasilkan rendemen lebih kecil. Penggunaan heksana tanpa campuran dengan pelarut lain membuat proses ini menjadi lebih murah dan efisien karena heksana yang dihasilkan saat evaporasi dapat dimanfaatkan kembali untuk mengekstrak cangkang biji mete yang baru. Biofat atau CNSL sudah banyak dimanfaatkan untuk industri farmasi, kosmetik, perekat, insektisida, pembasmi nyamuk (RISFAHERI, 2011) dan akhir-akhir ini digunakan sebagai pakan aditif untuk ternak ruminansia untuk menekan gas metana. Gas metana merupakan salah satu gas yang merusak lapisan ozon dan kekuatannya 23 kali lebih besar dari pada gas karbon-dioksida. Dengan menekan produksi gas metana di dalam rumen, biofat menjadi produk yang sangat bermanfaat untuk menciptakan kondisi peternakan yang ramah lingkungan (MITSUMORI *et al.*, 2014).

Hasil rendemen dari biochar (Tabel 1) menunjukkan bahwa partikel dengan ukuran kecil menghasilkan rendemen lebih sedikit dibanding ukuran besar. Biochar yang dihasilkan meningkat 2 kali lipat ketika ukuran cangkang diperbesar sampai 1cm. Hal ini sesuai dengan yang dilaporkan oleh DEMIRBAS (2005) pada tempurung kelapa bahwa semakin besar ukuran partikel sampel maka semakin besar pula rendemen biochar yang dihasilkan. Hasil rendemen biochar pada cangkang jambu mete hampir sama dengan hasil yang dilaporkan oleh MUHADI (2013) pada tempurung kelapa yaitu 31.58% berat kering, sedangkan SUKARTONO *et al.* (2011) melaporkan bahwa rendemen biochar dari tempurung kelapa tertinggi adalah 65.82%. SUKIRAN *et al.* (2011) melaporkan bahwa rendemen tertinggi biochar tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebesar 41.56% pada suhu optimum pirolisis 300°C. Rendemen biochar TKKS yang rendah disebabkan karena tidak memungkinkannya pembuatan biochar dalam drum. Sehingga pembuatan biochar dilakukan pada udara terbuka dan banyak dihasilkan abu.

Hasil rendemen dari biosmoke menunjukkan bahwa partikel dengan ukuran besar menghasilkan rendemen sedikit lebih tinggi dibanding partikel ukuran kecil. GANI (2007) menyatakan jumlah rendemen asap cair (biosmoke) yang dihasilkan pada proses pirolisis sangat bergantung pada alat yang digunakan, kondisi proses (suhu pirolisis dan sistem kondensasi) dan jenis bahan baku yang digunakan. Persentase rendemen yang diperoleh juga sangat bergantung pada alat yang dipakai. GONZÁLEZ *et al.* (2005) menunjukkan bahwa proses pirolisis pada temperatur 600°C dapat menghasilkan cairan sebanyak 44.3% pada cangkang biji kenari. Hasil tersebut diperoleh lebih banyak dibanding hasil penelitian ini. Hal ini disebabkan alat tungku yang digunakan saat penelitian masih sederhana sehingga asap yang keluar belum tertampung secara sempurna dan bahan baku cangkang yang sudah terekstrak.

Pemanfaatan biochar sekarang ini masih terbatas sebagai pupuk tanaman dan biosmoke sebagai pengawet makanan. Biochar dan biosmoke yang banyak dilaporkan dan sudah dimanfaatkan berasal dari tempurung kelapa,

namun biochar dan biosmoke dari cangkang jambu mete belum ada yang melaporkan dan memanfaatkannya. Selain sebagai pupuk tanaman, dilaporkan pemanfaatan biochar dari sekam padi pada ternak sapi (LENG, 2010) dan dapat meningkatkan berat badan sapi dan sekaligus dapat menekan gas metana yang dihasilkan oleh ternak sapi. Ini menunjukkan biochar juga merupakan produk bioindustri yang bermanfaat untuk meningkatkan produktivitas ternak.

Biosmoke (asap cair) dilaporkan banyak mengandung senyawa fenolik (NAIM *et al.*, 2012). Biosmoke dari bamboo dilaporkan dapat menekan kasus diare pada anak babi (CHOI *et al.*, 2009) sehingga dapat bermanfaat untuk meningkatkan produktivitas ternak. Jadi ketiga produk bioindustri dalam penelitian ini mempunyai potensi sebagai pakan aditif untuk meningkatkan produktivitas ternak.

### Karakterisasi Produk Biofat

Hasil analisis kandungan lemak kasar, asam lemak dan total fenol dari biofat disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kadar lemak kasar, asam lemak dan total fenol dari produk cangkang jambu mete dengan ukuran besar dan kecil

Table 2. Crude fat, fatty acid and total phenol contents of biofat from cashew nut shell with 2 different particle size

Parameter/ Parameters	Ukuran partikel/ Particle Size	
	Besar/Big (1cm)	Kecil/Small (2 mm)
Lemak kasar (g/100g biofat)	85.69	94.43
Asam lemak (g/100g biofat)	02.86	01.66
Total fenol (mg/100g biofat)	460. 0	420. 0

\*) Laboratorium Balitnak, Ciawi dan Laboratorium Kimia Terpadu Institut Pertanian Bogor

\*) Laboratory Balitnak, Ciawi and Residue Laboratory and Agroclimate Bogor

\*) Data dihasilkan dari 2 kali ulangan

Hasil penelitian di atas menunjukkan bahwa produk biofat memiliki kandungan lemak yang sangat tinggi, karena memang merupakan hasil ekstraksi dengan heksana. Heksana adalah pelarut non polar yang mengekstrak fraksi lemak. Kandungan lemak dari produk biofat yang tinggi pada cangkang yang memiliki ukuran partikel kecil berkorelasi positif dengan jumlah rendemen yang dihasilkan (Tabel 1). Adapun asam lemak yang dikandung dalam produk biofat adalah kemungkinan asam lemak yang masih terikat dengan gliserol membentuk lemak sehingga kadar asam lemak bebas yang dikandungnya sedikit. Hal ini terlihat pada Tabel 2 bahwa kadar asam lemak bebas sangat rendah baik untuk partikel ukuran besar maupun kecil. Hal tersebut merupakan keuntungan bagi produk tersebut sebab produk biofat tidak cepat mengalami oksidasi dan menjadi tengik. Menurut ZULKIFLI dan ESTIASIH (2014) Asam lemak bebas (ALB) merupakan asam lemak dalam keadaan bebas dan tidak berikatan lagi dengan gliserol. Asam lemak bebas

terbentuk karena terjadinya reaksi hidrolisis terhadap minyak yang mengalami ketengikan.

Kandungan total fenol hampir sama pada partikel ukuran besar maupun kecil. Senyawa fenol alami yang terkandung dalam cangkang jambu mete telah dilaporkan sebelumnya mempunyai sifat yang khas yaitu sebagai anti bakteri (HIMEJIMA, 1991).

Analisis dengan spektroskopi massa menggunakan GC- MS GCD HP 1800 C (Gambar 1) pada produk biofat menghasilkan pola-pola fragmentasi dengan ion molekul pada nilai m/z sebesar 380, ini menunjukkan bahwa senyawa terisolasi mempunyai berat molekul sebesar 380. Fragmentasi yang keluar adalah: 326, 302, 281, 257, 230, 206, 175, 121, 147, 108, 79,55 dan 41. Hasil tersebut sama dengan yang dilaporkan SILVA *et al.*, (2008) dengan fragmentasi yang keluar adalah: 329, 285, 259, 229, 201, 121, 175, 148, 105, 91,79,55 dan 41, serta mempunyai berat molekul m/z 374 (M<sup>+</sup>). Kromatogram hasil analisis GC-MS menunjukkan bahwa ada struktur kimia senyawa fenolik yang terikat dengan asam anakardat yaitu C15 dan hasil tersebut menunjukkan beberapa senyawa yang terkandung dalam produk biofat. Senyawa-senyawa tersebut disajikan dalam Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Kandungan Kimia Produk Biofat

Tabel 3. Content of Chemical Products Biofat

No. Puncak Peak	Waktu Retensi (menit) Retensi Time (menit)	Dugaan Senyawa Alleged Compounds	Konsentrasi (%) Concentration(%)
5	35.147	Asam Anakardat	78.16
7	37.015	kardol	13.18
8	37.388	kardanol	4.66
6	36.305	2-methyl-kardol	3.56

\*) Data dihasilkan dari 2 kali ulangan

Hasil analisis GC-MS dari produk biofat (Tabel 3) menunjukkan bahwa cangkang jambu mete yang telah diekstraksi untuk menghasilkan produk biofat mengandung beberapa senyawa-senyawa bioaktif. Hasil tersebut hampir sama dengan hasil yang diperoleh SUHARTONO *et al.* (2010) yaitu 74.27% asam anakardat, 17,3% kardol, 3,73% kardanol dan 4,7% metil kardol. Kandungan kimia tertinggi dalam biofat adalah senyawa asam anakardat. Senyawa tersebut keluar pada RT 35.147 menit merupakan senyawa dengan peak yang tertinggi dengan konsentrasi 78.16% dari cangkang biji mete.

BUDIATI dan ERVINA (2008) serta KUBO *et al.*(2003) menyatakan asam anakardat mempunyai aktivitas antibakteri terhadap bakteri gram positif *Staphylococcus aureus*, dimana cara kerja anti bakterinya berlaku sebagai surfaktan dengan merusak dinding sel, sedangkan mekanisme biokimianya berdasarkan kemampuannya menghambat enzim sulfihidril. Selanjutnya BUDIATI *et al.* (2004) dari hasil penelitiannya menunjukkan bahwa turunan asam anakardat yaitu metil esteranakardat dan turunan dimetil dari asam anakardat mempunyai efek

menghambat yang lebih besar dibandingkan asam *anakardat* terhadap aktivitas enzim *sulfhidril*. BUDIWATI dan SOEDIGDO (1997) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa asam *anakardat* dapat menghambat aktivitas enzim GPT (Glutamat Piruvat Transaminase), suatu enzim yang dilepaskan hati saat terjadi kerusakan sel hati. Oleh karena itu, asam *anakardat* mempunyai prospek yang bagus sebagai obat kerusakan hati/hepatitis. Dikemukakan bahwa asam *anakardat* dapat berkhasiat sebagai obat cacing, dimana larutan asam *anakardat* dalam larutan fisiologis dengan konsentrasi 0,5-5% terbukti dapat membunuh cacing gelang *Ascaris lumbricoides* (BUDIWATI dan SOEDIGDO, 1997).

Analisis dengan spektroskopi massa menggunakan GC-MS GCD HP 1800 C (Gambar 1) pada produk biofat menghasilkan pola-pola fragmentasi dengan ion molekul pada nilai m/z sebesar 380, ini menunjukkan bahwa senyawa terisolasi mempunyai berat molekul sebesar 380. Fragmentasi yang keluar adalah: 326, 302, 281, 257, 230, 206, 175, 121, 147, 108, 79,55 dan 41. Hasil tersebut sama dengan yang dilaporkan SILVA *et al.* (2008) dengan fragmentasi yang keluar adalah: 329, 285, 259, 229, 201, 121, 175, 148, 105, 91,79,55 dan 41, serta mempunyai berat molekul m/z 374 (M<sup>+</sup>). Kromatogram hasil analisis GC-MS menunjukkan bahwa ada struktur kimia senyawa fenolik yang terikat dengan asam *anakardat* yaitu C15 dan hasil tersebut menunjukkan beberapa senyawa yang terkandung

dalam produk biofat. Senyawa-senyawa tersebut disajikan dalam Tabel 3 di bawah ini.

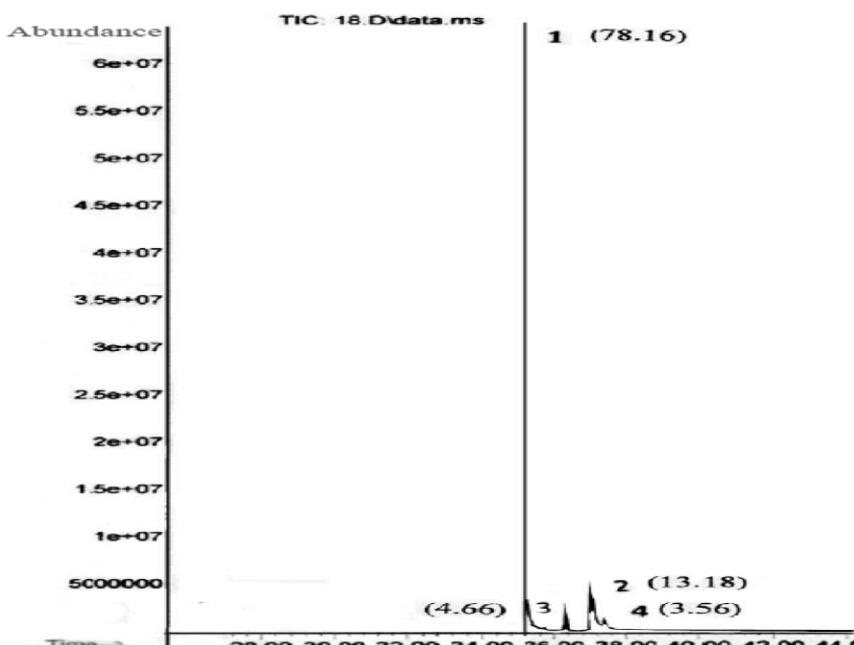
Tabel 3. Kandungan kimia produk biofat

Tabel 3. Content of chemical products biofat

No. Puncak/ Peak	Waktu retensi (menit)/ Retensi Time (menit)	Dugaan senyawa/ Alleged compounds	Konsentrasi (%)/ Concentration (%)
5	35.147	Asam Anakardat	78.16
7	37.015	kardol	13.18
8	37.388	kardanol	04.66
6	36.305	2-methyl-kardol	03.56

\* Data dihasilkan dari 2 kali ulangan

Hasil analisis GC-MS dari produk biofat (Tabel 3) menunjukkan bahwa cangkang jambu mete yang telah diekstraksi untuk menghasilkan produk biofat mengandung beberapa senyawa-senyawa bioaktif. Hasil tersebut hampir sama dengan hasil yang diperoleh SUHARTONO *et al.* (2010) yaitu 74.27% asam *anakardat*, 17,3% kardol, 3,73% kardanol dan 4,7% metil kardol. Kandungan kimia tertinggi dalam biofat adalah senyawa asam *anakardat*. Senyawa tersebut keluar pada RT 35.147 menit merupakan senyawa dengan peak yang tertinggi dengan konsentrasi 78.16% dari cangkang biji mete.



Keterangan: (1) Asam anakardat, (2) Kardol, (3) Kardanol dan (4) 2-metil kardol  
Description: (1) Anacardic Acid, (2) Cardol, (3) Cardanol and (4) 2-methyl cardol

Gambar 1. Kromatogram Biofat menggunakan GC-MS  
Figure 1. Chromatogram of Biofat analysed by GC-MS

BUDIATI dan ERVINA (2008) serta KUBO *et al.* (2003) menyatakan asam anakardat mempunyai aktivitas antibakteri terhadap bakteri gram positif *Staphylococcus aureus*, yaitu cara kerja anti bakterinya berlaku sebagai surfaktan dengan merusak dinding sel, sedangkan mekanisme biokimianya berdasarkan kemampuannya menghambat enzim sulfihidril. Selanjutnya BUDIATI *et al.* (2004) dari hasil penelitiannya menunjukkan bahwa turunan asam anakardat yaitu metil esteranakardat dan turunan dimetil dari asam anakardat mempunyai efek menghambat yang lebih besar dibandingkan asam anakardat terhadap aktivitas enzim sulfihidril. BUDIWATI dan SOEDIGDO (1997) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa asam anakardat dapat menghambat aktivitas enzim GPT (Glutamat Piruvat Transaminase), suatu enzim yang dilepaskan hati saat terjadi kerusakan sel hati. Oleh karena itu, asam anakardat mempunyai prospek yang bagus sebagai obat kerusakan hati/hepatitis. Dikemukakan bahwa asam anakardat dapat berkhasiat sebagai obat cacing, dimana larutan asam anakardat dalam larutan fisiologis dengan konsentrasi 0,5-5% terbukti dapat membunuh cacing gelang *Ascaris lumbricoides* (BUDIWATI dan SOEDIGDO, 1997).

### Karakterisasi Produk Biochar

Hasil analisis proksimat dan foto SEM dari produk biochar disajikan pada Tabel 4 dan Gambar 2 di bawah ini.

Tabel 4. Analisa proksimat biochar yang berasal dari cangkang biji jambu mete dengan ukuran besar dan kecil

Table 4. Proximate analysis of biochar derived from cashewnut shell with 2 different particle size

Parameter Parameters	Ukuran Partikel Particle Size	
	Besar/Big (1cm)	Kecil/Small (2mm)
Abu %**)	003.45	006.56
Ca %*)	000.23	000.69
P %*)	000.13	000.23
Mg %*)	000.21	000.26
K (mg/kg) *)	092	525
Fe (mg/kg) *)	695	305
Zn (mg/kg) *)	29.80	450
Cu (mg/kg) *)	02.55	056

\*) Laboratorium Balitnak, Ciawi dan \*\*)Laboratorium PAU IPB

\*) Balitnak Laboratory, Ciawi and \*\*)PAU Laboratory, Bogor Agricultural University

\*\*) Data dihasilkan dari 2 kali ulangan

Dari Tabel 4 terlihat bahwa kandungan abu, Ca, dan P lebih tinggi 2 kali lipat pada ukuran partikel cangkang kecil dibandingkan yang besar. Hal ini disebabkan cangkang jambu mete ukuran besar lebih keras teksturnya sehingga abu yang dihasilkan pada proses pembakaran sangat kecil dan pembakaran pada suhu tinggi (600°C) akan cepat menghancurkan partikel yang lebih kecil. Hasil analisa kadar abu dari arang cangkang jambu mete lebih kecil bila dibandingkan dengan kadar abu pada arang tempurung

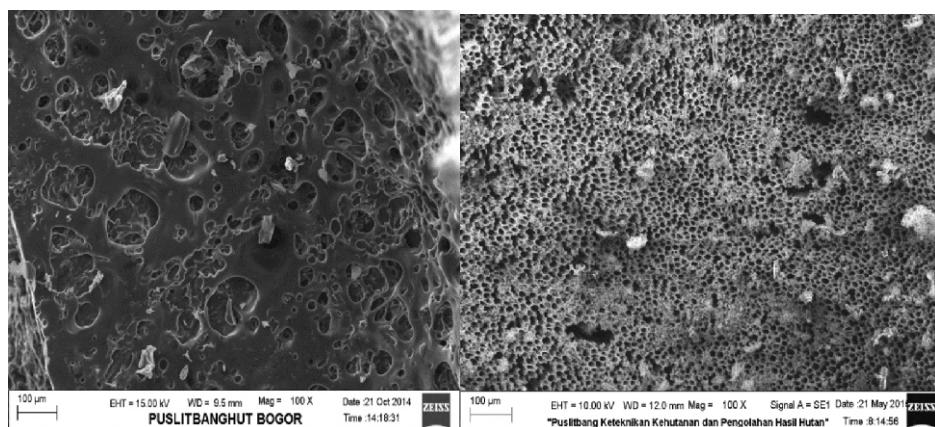
kelapa adalah 13.08% (BUDI *et al.*, 2006). Karena cangkang jambu mete telah diekstraksi terlebih dahulu sehingga hasil yang diperoleh lebih kecil. Demikian pula kandungan Mg, K, Zn dan Cu lebih tinggi pada ukuran partikel cangkang kecil dibandingkan yang besar. Namun sebaliknya, kandungan mineral Fe lebih tinggi pada cangkang yang berukuran partikel besar.

Pemanfaatan biochar dari cangkang jambu mete sebagai pupuk pada tanaman dimungkinkan sebab biochar memiliki kadar fosfor dan kalium yang tinggi. Ketersediaan unsur hara makro esensial (seperti fosfor dan kalium) di dalam tanah sangatlah terbatas, padahal kedua unsur tersebut sangat dibutuhkan oleh tanaman agar dapat memberikan hasil yang tinggi. Biochar mempunyai potensi untuk dikembangkan sebagai penyerap dan pelepas unsur hara (pupuk) dalam bidang kesuburan tanah karena memiliki luas permukaan yang besar dan kurang lebih sama dengan koloid tanah. Biochar memiliki lubang pori yang dapat menyerap logam-logam berat yang ada pada tanah. Menurut BURKE *et al.* (2014) bahwa biochar dari campuran kayu dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman kapas dengan hasil yang sangat signifikan. Hal tersebut dapat dilihat dengan meningkatnya pertumbuhan tinggi tanaman, luas daun dan panjang daun. Penelitian terbaru telah menunjukkan bahwa penerapan biochar dalam tanah (sawah) dapat menurunkan pelepasan metana (LIU *et al.*, 2011).

Hasil SEM memperlihatkan bahwa porositas pada biochar cangkang jambu mete yang ukuran partikel kecil lebih tinggi dan seragam dibandingkan dengan ukuran besar pada cangkang jambu mete. Pada serat-serat penyusun arang cangkang tampak porositas yang merata dan banyak. Hasil tersebut sama dengan porositas tempurung kelapa. Menurut ARI *et al.* (2000) hasil pengamatan SEM memperlihatkan bahwa porositas arang tempurung kelapa lebih tinggi dibanding arang kayu. Semakin tinggi porositas arang maka semakin mudah menyerap logam berat yang ada di dalam tanah. Dari Gambar 2. tampak diameter lubang pori berukuran 40  $\mu\text{m}$  untuk gambar A dan untuk gambar B adalah < 20  $\mu\text{m}$ . Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran partikel maka semakin kecil pula ukuran diameter pori yang dihasilkan. Bila dibandingkan dengan hasil SEM pada cangkang kelapa sawit (2-5  $\mu\text{m}$ ), maka hasil tersebut lebih besar. Sehingga memungkinkan untuk menyerap logam-logam berat yang ada dalam tanah (SANTI dan GOENADI, 2012).

### Karakterisasi Produk Biosmoke

Biosmoke (asap cair) diperoleh dari hasil kondensasi asap pada proses pirolisis dari fraksi serat yang polimer yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin menjadi senyawa-senyawa monomer. Kelompok senyawa kimia yang dihasilkan dalam pengasapan adalah fenol, karonil, asam, furan, alkohol, ester, lakton, dan hidrokarbon polisiklik aromatik (HPA).



Gambar 2. Foto SEM dari biochar cangkang biji jambu mete dengan ukuran besar (A) dan ukuran kecil (B)  
*Figure 2. SEM photos biochar of cashewnut shell with Large size (A) and small size (B)*

Tabel 5. Kadar lemak, pH, total fenol dari produk biosmoke dari cangkang biji jambu mete ukuran besar dan kecil

*Table 5. Fat, pH, total phenol contents of biosmoke from cashew nut shell with 2 different particle Size*

Parameter/ Parameters	Ukuran Partikel/ Particle Size	
	Besar/Big (1 cm)	Kecil/Small (2 mm)
pH	3.12	3.69
Lemak Kasar (g/100g biosmoke)	0.22	0.15
Total Fenol (mg/100g biosmoke)	2.7	7.20

<sup>a</sup>) Laboratorium Balitnak, Bogor dan Laboratorium Kimia Terpadu IPB

<sup>b</sup>) Balitnak Laboratories, and the Laboratory Chemical Ciawi IPB

<sup>c</sup>) Data dihasilkan dari 2 kali ulangan

Dari Tabel 5 terlihat bahwa produk biosmoke memiliki pH yang asam. Hal ini berdampak baik sebab dengan pH asam dan fenol maka produk tersebut memiliki sifat anti bakteri. Sejalan dengan pendapat DARMADJI (2002) bahwa asap cair tempurung kelapa mempunyai aktivitas antibakteri yang tinggi karena senyawa asam dan fenol mempunyai peranan dalam proses penghambatan bakteri dan bermanfaat dalam industri pengolahan dan pengawetan daging. Bila produk biosmoke ini dimanfaatkan pada ternak, maka produk tersebut berguna untuk membunuh bakteri patogen dalam usus karena pH asam. Hasil penelitian MIRANDA *et al.* (2012) menghasilkan asap cair dengan pH 3 pada cangkang kulit kemiri.

Kandungan lemak pada biosmoke hanya sedikit sekali banyak pada ukuran besar dibanding ukuran kecil. Hal tersebut disebabkan hampir semua fraksi lemak sudah terekstrak dalam heksana. Kandungan total fenolnya sangat tinggi dan 3 kali lebih tinggi pada ukuran kecil dibanding partikel ukuran besar. Bila dibandingkan dengan biofat, maka kandungan total fenol yang ada pada biosmoke lebih kecil. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa fenol yang paling banyak ada di dalam fraksi lemak. Dua senyawa

dominan yang berperan sebagai bakteriostatik adalah fenol dan asam-asam organik yang mampu mengontrol pertumbuhan bakteri. Fenol diperoleh dari hasil pirolisis lignin, sedangkan asam-asam organik dari hasil pirolisis selulosa dan hemiselulosa (KARTIKA, 2009). Total fenol yang diperoleh dari biosmoke cangkang jambu mete (0.72%) lebih tinggi dari tandan kelapa sawit (0.44%) (KARIMA, 2014).

Hasil analisis GC-MS (Gambar 3) pada produk biosmoke dapat dilihat dari pola-pola fragmentasi dengan ion molekul pada nilai m/z sebesar 210. Ini menunjukkan bahwa senyawa terisolasi mempunyai berat molekul sebesar 210. Fragmentasi yang keluar adalah 207, 133, 119, 109, 94, 79, 66, 55 dan 44. Kromatogram hasil analisis GC-MS menunjukkan bahwa banyaknya senyawa –senyawa monomer dari hasil degradasi lignin dan selulosa yang keluar sampai pada waktu retensi di bawah menit ke 12. Senyawa-senyawa tersebut dapat dilihat pada Tabel 6, dimana senyawa fenol mempunyai konsentrasi yang tinggi. Analisis kandungan kimia produk biosmoke disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Kandungan kimia dari produk biosmoke  
*Tabel 6. Chemical content of biosmoke products*

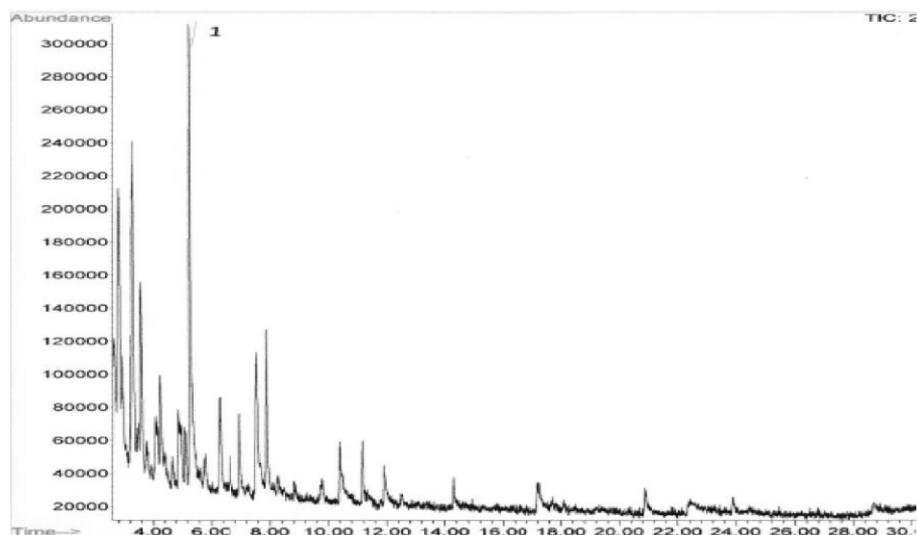
No. Puncak/ Peak	Waktu retensi (menit)/ Retensi Time (menit)	Dugaan senyawa/ Alleged Compounds	Konsentrasi (%)/ Concentration (%)
1	2.787	asam propionat	9.82
2	2.925	2-Hexene	2.20
3	3.276	3,5-dimethyl-pyrazole	15.75
5	3.552	2-propanone, 1-scetylxy	7.61
7	4.131	1,2-furyl-ethanone	2.81
8	4.235	Dihydro -Furanone,	5.05
12	5.097	3-methyl-2-cyclopenten	2.39
13	5.269	Phenol, carbosilacid acid	19.06
15	6.303	2-cyclopenten-1-one	3.39
17	6.951	0-cresol- phenol	2.71
18	7.538	Benzinemethanol	7.52
19	7.869	2-methoxy-phenol	5.56

<sup>a</sup>) Data dihasilkan dari 2 kali ulangan

```

File      : C:\msdchem\old\1\DATA\150520-a\20.D
Operator   : taz
Acquired  : 21 May 2015 10:01      using AcqMethod BALITROJ
Instrument : GC MS F
Sample Name: Bio Smoke 2
Misc Info  :
Vial Number: 19

```



Gambar 3. Kromatogram biosmoke menggunakan GC-MS  
Figure 3. Chromatogram of biosmoke analysed by GC-MS

Dari Tabel 6 menunjukkan bahwa biosmoke mengandung senyawa fenol, asam karbolat dan benzenol yang tinggi dengan waktu retensi yaitu 5.269, area konsentrasi 19.60%. MIRANDA *et al.* (2012) melaporkan bahwa kandungan senyawa pada biosmoke cangkang kulit kemiri terlihat pada waktu retensi tertinggi yaitu 21.08 (Phenol,2,6-dimethoxy-4-(2-propenyl)). Dilaporkan oleh GANI (2013) bahwa komponen senyawa tertinggi yang menyusun biosmoke adalah fenol dan asam. Kedua senyawa yang terkandung dalam biosmoke (fenol dan asam) bermanfaat sebagai bahan pengawet pada bahan makanan seperti tahu, daging dan ikan, serta dapat digunakan sebagai pengawet bahan pakan seperti dedak dan jagung. Biosmoke (asap cair) dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, yaitu sebagai pengawet ikan dan antioksidan (NURHAYATI, 2000; DARMADJI dan TRUYUDIANA, 2006).

Ketiga produk bioindustri cangkang jambu mete (biofat, biochar dan biosmoke) dapat diaplikasi dalam berbagai bidang industri, pertanian dan peternakan. Dengan pemanfaatan produk limbah tersebut maka salah satu masalah lingkungan dapat diatasi dengan baik dan membuka peluang industri baru yang berasal dari limbah jambu mete.

## KESIMPULAN

Produk bioindustri cangkang jambu mete (biofat, biochar dan biosmoke) adalah produk yang memiliki karakteristik fisika dan kimia yang spesifik. Jumlah

rendemen pada biofat dengan ukuran partikel kecil lebih banyak yaitu 17.81 (g/100g biofat), sedang pada biochar dan biosmoke jumlah rendemen yang tinggi diperoleh pada ukuran besar yaitu 30.82 (g/100g biofat) dan 5.13 (g/100g biofat). Produk biofat mengandung kadar lemak dan total fenol yang tinggi. Sifat fisik dari produk biochar adalah memiliki lubang pori yang seragam dan sifat kimia nya mengandung beberapa mineral (abu, Ca, P, Mg, K, Zn dan Cu) yang tinggi pada cangkang yang berukuran kecil, sehingga dapat digunakan sebagai pupuk alami juga dapat digunakan sebagai feed aditif dapat pakan ternak. Sifat kimia dari produk biosmoke memiliki pH diatas 3 (asam) dan senyawa fenolik yang tinggi yang bermanfaat sebagai antibakteri dan pengawet makanan dan pakan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapan kepada Badan Litbang Pertanian yang telah memberikan dana melalui KKP3N 2015.

## DAFTAR PUSTAKA

- AOAC. 2005. Official methods of analysis. Ed ke-16. Washington: AOAC International.
- ARI H., WILDAN, L. dan SARYATI SUTISNA. 2000. Analisis strukturmikro dan komposisi kimia arang tempurung dan arang kayu sebagai adsorber dengan SEM-Edax. Jurnal Mikroskopi dan Mikroanalisis. 3(2): 20-25.

- BPS (BADAN PUSAT STATISTIK). 2001. Statistik perdagangan luar negeri indonesia. Eksport. Jilid II. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- BPS (BADAN PUSAT STATISTIK). 2015. Statistik Perkebunan. Jakarta.
- BRIDGWATER, A.V. 2004. Biomass fast pyrolysis. Thermal Science, 8(2), 21-49.
- BURKE, J.M., D.E. LONGER, D.M. OOSTERHUIS, E.M. KAWAKAMI, and D.A. LOKA. 2014. The effect of biochar source on cotton seedling growth and development and association with conventional fertilizers. International Journal of Plant & Soil Science. 3(8): 995-1008.
- BUDI, E., HADI N., SETIA B., ERFAN H., PUJI, RANGGI S., dan SUNARYO. 2011. Kajian pembentukan karbon aktif berbahan arang tempurung kelapa. Jurnal Penelitian Sains FMIPA UNSRI. 4(14): 14406-14415.
- BUDIATI, T., N.C. ZAINI dan S. SOEDIGDO. 2004. Sintesis metil anakardat dan uji aktivitasnya sebagai inhibitor enzim sulfihidril. JBP 6(2): 47-51.
- BUDIATI, dan M. ERVINA. 2008. Hubungan antara struktur asam anakardat dan aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus*. Jurnal Obat Bahan Alami 7(1): 108-114.
- BUDIWATI, T.A. dan H.P. SOEDIGDO. 1997. Pengaruh asam anakardat terhadap aktifitas enzim glutamat piruvat transaminase. Buletin IPT 3(1): 44-48.
- CHOI, J.M, SHINDE, I., K. KWON, Y.H. SONG and B.J. CHAEI. 2009. Effect of wood vinegar on the performance, nutrient digestibility and intestinal microflora in weanling pigs. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 22(2): 267-274.
- DIRJEN PERKEBUNAN. 2010. Statistik perkebunan indonesia tahun 2005-2010. Kementerian Pertanian. Jakarta.
- DARMADJI, P. 2002. Optimasi pemurnian asap cair dengan metode redistilasi. jurnal teknologi dan industri pangan. Jurnal Agritech 8(3): 267-171.
- DARMADJI, P. dan TRUYUDIANA, H. 2006. Proses pemurnian asap cair dan stimulasi akumulasi kadar benzopyrene pada proses perendaman ikan. Jurnal Agritech. 26(2): 75-83.
- DEMIRBAS, A. 2005. Pyrolysis of ground wood in irregular heating rate conditions. Journal Analytical and Applied Pyrolysis, 73, 39-43.
- LUTHRIA D.L., Kirk N., and DUTT VINJAMOORI. 2004. Impact of sample preparation on the determination of crude fat content in corn. JAACS Press, Champaign. 23(3): 999-1004.
- GANI. 2013. Komponen kimia asap cair hasil pirolisis limbah padat kelapa sawit. Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan. 9(3): 109-116.
- GONZÁLEZ J.F., RAMIRO A., GONZÁLEZ C.M., GAÑAN J., ENCINAR J.M., SABIO E. and RUBIALES J. 2005. Pyrolysis of almond shells. energy applications of fractions. Industrial and Engineering Chemical Research, 44(9): 3003-3012.
- HADI R. 2011. Sosialisasi teknik pembuatan arang tempurung kelapa dengan pembakaran sistem suplai udara terkendali. Buletin Teknik Pertanian. 16: 77-80.
- HIMEJIMA, M. dan KUBO, I. 1991. Antibacterial agent from the cashew *Anacardium occidentale* L (*Anacardiaceae*) nut shell oil, J. Agriculture Food Chemistry. 39: 418-421.
- KARTIKA, O.P. 2009. Impregnasi kayu kelapa sawit dengan menggunakan asap cair tempurung kelapa stirena dan toluena diisosianat (TDI). Tesis. Sekolah Pasca Sarjana Universitas Sumatra Utara, Medan.
- KARIMA, R. 2014. Karakterisasi sifat fisika dan kimia cuka kayu dari Tandan kosong kelapa sawit. Jurnal Riset Industri asil Hutan. (6)1: 35-40.
- KHUMAR, PHANI P., R. PARAMASHIVAPPA, R.J. VITHAYATHIL, P.V. SUBBA RAO, dan A. SRINIVASA RAO. 2002. Process for isolation of cardanol from technical cashew (*Anacardium occidentale* L.) nut shell liquid. J Agric Food Chem 50: 4705-4708.
- KUBO, I., OCHI M., VIEIRA P.C. and KOMATSU S. 1993. Antitumor agents from the Cashew (*Anacardium occidentale*) apple juice. JournalAgric. Food Chem. 41: 1012-1015.
- LENG, R.A., INTHAPANYA S., dan PRESTON T.R. 2012. Methane production is reduced in an in vitro incubation when the rumen fluid is taken from cattle that previously received biochar in their diet. livestock research for rural development. Volume 11. <http://www.Irrd.org/Irrd23/4/soph23071.htm>
- LENG, R.A., PRESTON T.R., dan 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. Livestock Research for Rural Development. Volume 11. <http://www.Irrd.org/Irrd23/4/soph23071.htm>
- LIU, Y.X., YANG M., WU Y.M., WANG H.L., CHEN Y.X. and WU W.X. 2011. Reducing CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> emissions from waterlogged paddy soil with biochar. Journal of Soils and Sediments. 11: 930-939.
- MAKKAR, H.P.S. 2003. Quantification of tannin in tree and shrub foliage. A laboratory manual. kluwer academic publisher, Dordrecht, The Netherlands, 102 pp.
- MULYOHARDJO, M. 1991. Jambu mente dan teknologi pengolahannya (*Anacardium occidentale* L). Liberty, Yogyakarta.
- MITSUMORI M., ENISHI O., SHINKAI T., HIGUCHI K., KOBAYASHI Y., TAKENAKA A., NAGASHIMA K., MOCHIZUKI M., and KOBAYASHI Y. 2014. Effect of cashew nut shell liquid on metabolic hydrogen flow on bovine rumen fermentation. Jurnal Animal Science. 85(3): 227-232.
- MIRANDA R., CÉSAR S., DIANA B., EILEEN C. and MARÍA R. 2012. Characterization of pyrolysis products obtained during the preparation of bio-oil and activated carbon. lignocellulosic precursors used in the synthesis of activated carbon.
- MUHADI, S. 2013. Pengaruh jenis, ukuran, dan konsentrasi arang sebagai penurun gas metana pada fermentasi

- pakan ternak secara in vitro. Tesis. Departemen Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor.
- NAIM M., ALEXANDRA C. M. OLIVEIRA, BRIAN H. HIMELBLOO, MARY BETH LEIGH and CHARLES A. CRAPO. 2012. Chemical characterization of commercial liquid smoke products. *Food Science and Nutrition* 1 (1): 102-115.
- NURHAYATI, T., RIDWAN A. PASARIBU, dan DIDA MULYADI. 2006. Produksi dan pemanfaatan arang dan cuka kayu dari serbuk gergaji kayu campuran. *Jurnal Hasi Hutan*. Bogor.
- RISFAHERI, T., T. IRAWADI, M.A. NUR dan I. SAILAH. 2004. Pemisahan kardanol dari minyak cangkang biji mete dengan metode mestilasi vakum. *Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian*. *Jurnal Pascapanen* 1(1): 1-11.
- SANTI L.P. dan GOENADI D.A. 2012. Pemanfaatan biochar asal cangkang tempurung kelapa sawit sebagai bahan pembawa mikrobapemantap agregat. *Buana Sains*. 12(1): 7-14.
- SILVA M.S., S.G. DE LIMA, E.H. OLIVEIRA, J.A.D. LOPES, M.H. CHAVES, F.A.M. REIS and A.M.G.L. CITÓ. 2008. Anacardic acid derivatives from brazilian propolis and their antibacterial activity. *Ecl. Quím São Paulo*. 33(3): 53-58, 2008.
- SIMPEN IN. 2008. Isolasi cashew nut shell liquid dari cangkang biji jambu mete (*Anacardium Occidentale* L) dan kajian beberapa sifat fisiko-kimianya. *Jurnal Kimia* 2 (2): 71-76.
- SIREGAR, S. 2005. Analisa kadar keasaman, kadar senyawa turunan fenol dan indeks pencoklatan dalam pembuatan asap cair dari cangkang kelapa sawit. Skripsi, FMIPA Kimia, Universitas Sumatra Utara, Medan.
- SUDRAJAT, R. dan SALIM. 1994. Petunjuk teknis pembuatan arang aktif. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Bogor.
- SUHATONO, J., CARLINA N., DUPRIKA P.S. dan DANI TRIYANA. 2010. Pengambilan minyak laka dari kulit biji mete dan peningkatan kandungan kardanol dalam minyak laka. Seminar Rekayasa Kimia Dan Proses, 4-5 Agustus.C-15: 1-4.
- SUKARTONO, UTOMO W.H., NUGROHO W.H., and KUSUMA Z. 2011. Simple biochar production generated from cattle dung and coconut shell. *J. Basic. Appl. Sci. Res.* 1(10): 1680-1685.
- SUKIRAN M.A., KHEANG L.S., BAKAR N.A., and MAY C.Y. 2011. Production and characterization of biochar from the pyrolysis of empty fruit bunches. *Am. J. Applied Sci* 8(10): 984-988.
- ZULKIFLI, M. dan T. ESTIASIH. 2014. Sabun Dari Distilat Asam Lemak Minyak Sawit : Kajian Pustaka. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 2(4): 170-177.