

PENGOLAHAN BIJI JARAK PAGAR (*Jatropha curcas* L.) MENJADI SUMBER BAHAN BAKAR NABATI DAN PEMANFAATAN PRODUK SAMPING

Niken Harimurti dan Djajeng Sumangat

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian
Jl. Tentara Pelajar No. 12, Bogor 16114
Telepon: 0251-832762; Fax: 0251-8350920
Email: niken_h2003@yahoo.com

ABSTRAK

Biji jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) merupakan sumber bahan baku minyak non-pangan (non-edible oil) yang berasal dari tanaman. Minyak jarak pagar dapat diolah menjadi biodiesel yang berpotensi untuk alternatif substitusi minyak solar untuk bahan bakar mesin diesel atau substitusi minyak tanah. Ekstraksi minyak jarak pagar umumnya dilakukan dengan cara pengempaan mekanis yang lebih layak secara ekonomis. Minyak kasar yang dihasilkan memerlukan pemurnian sebelum digunakan sebagai bahan baku biodiesel. Proses pembuatan biodiesel dilakukan melalui proses transesterifikasi dengan meraksikan minyak dengan metanol pada nisbah molar optimal (1:6) dan katalis basa K/NaOH pada suhu reaksi 60-68°C. Metil ester yang dihasilkan adalah biodiesel kasar yang memerlukan pemurnian. Karakteristik biodiesel dari minyak jarak pagar dengan biji dari Nusa Tenggara Barat memenuhi syarat mutu SNI. Sebagai hasil samping pada ekstraksi minyak, diperoleh bungkil biji jarak pagar yang dapat diolah menjadi briket biomassa untuk bahan bakar tungku. Secara teknis dan ekonomis masih belum layak dengan sifat nyala api merah kuning dan berasap. Pengembangan minyak jarak sebagai bahan baku bahan bakar nabati masih terkendala oleh terbatasnya produksi biji jarak pagar dengan harga jual yang belum kompetitif.

Kata Kunci: biodiesel, jarak pagar, *Jatropha curcas*, transesterifikasi.

ABSTRACT. Niken Harimurti and Djajeng Sumangat. 2011. *Jatropha curcas* L seed processing as biofuel and its by product utilization. Seeds of jatropha (*Jatropha curcas* L.) is a source of raw material for jatropha oil which is a non-edible oil. Jatropha oil can be processed into biodiesel which has the potential as an alternative fuels for diesel oil or kerosene. Jatropha oil extraction is generally carried out with mechanical pressing which is more economical. The resulting crude oil has to be purified before use as biodiesel feedstock. The process of making biodiesel through transesterification process is carried out by reacting oil with methanol with molar ratio (1:6) using base catalyst K / NaOH at temperature of 60-68 ° C. The resulting crude methyl esters (crude biodiesel) has to be purified. Characteristics of biodiesel from jatropha oil seeds from West Nusatenggara meets the quality requirements of SNI. Oil seed cakes as by product of oil extraction can be processed into biomass briquettes used for traditional stove. The briquettes has not feasible technically and economically yet with red-yellowish flame and smoky. Development of jatropha oil as a feedstock for biodiesel is still constrained by the limited production of jatropha seeds with a non - competitive prices.

Keywords: biodiesel, Jatropha, *Jatropha curcas*, transesterification.

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan energi selalu mengalami peningkatan dari tahun ke tahun, sementara pasokan energi dari bahan bakar minyak bumi (BBM) semakin menipis. Pemanfaatan bahan bakar nabati sebagai alternatif BBM merupakan salah satu pilihan yang sangat layak karena sifatnya yang dapat diperbaharui (*renewable resource*). Bahan bakar nabati (BBN) adalah sejenis bahan bakar yang bahan bakunya berasal dari berbagai sumber daya nabati. Ditinjau dari bentuknya, BBN bisa berbentuk padat,

gas atau cair. Bahan bakar nabati cair adalah yang paling banyak dan fleksibel penggunaannya sampai saat ini. Soerawidjaja¹ menjelaskan bahwa nilai ekonomi suatu sumber energi tidak hanya ditentukan hanya oleh besarnya energi yang dapat diperoleh dari sumber itu, tetapi juga oleh bentuk akhir produk ke konsumen. Di antara aneka bahan bakar, BBN cair memiliki nilai ekonomi paling tinggi dan memiliki energi spesifik (energi per satuan volume) lebih besar, serta mudah didistribusikan. Sebagai contoh, biodiesel dengan densitas 900 kg/m³ mengandung energi 35,6 GJ/m³, sedangkan gas LPG hanya 27,7 GJ/m³². Hal ini yang

Tabel 1. Karakteristik fisik dan kimia beberapa minyak nabati dan minyak bumi/
Table 1. Physical and chemical characteristic of some plant and petroleum oil

Jenis minyak/ Type of oil	Suhu/Titik Pembakaran/ Ignition point (°C)	Viskositas kinematis/ Kinematic viscosity (10 ⁻⁶ m ² /det)	Bilangan iod/ Iodin number	Bilangan penyabunan/ Saponification number	Nilai kalor total/ Gross calorific value (MJ/kg)
a. Minyak nabati/ Vegetable oil					
- Minyak jarak pagar/ <i>Jatropha curcas</i> oil	340	75,7	103,0	198,0	39,65
- Minyak kelapa/ Coconut oil	270-300	51,9	10,4	198,0	37,54
- Minyak sawit/ Palm oil	314	88,6	54,2	199,1	39,54
- Minyak kanola/ Canola oil	317	97,7	98,6	174,7	40,56
b. Minyak bumi/ Fossil fuel					
- Minyak tanah/ Kerosene	50-55	2,2	-	-	43,50
- Minyak solar/ Diesel fuel	55	2-8	-	-	45,00

Sumber: Muhlbauer *et al.*⁶

menyebabkan BBN cair berperan dominan dalam sektor transportasi dan sektor lain yang menggunakan motor bakar (*combustion engine*). Berdasarkan pertimbangan tersebut, pengembangan BBN fasa cair diharapkan lebih prioritas sebagai alternatif pengganti BBM (bensin, solar, atau minyak tanah)

Bahan bakar nabati fasa cair dapat dikelompokkan menjadi bioetanol dan biodiesel. Bioetanol merupakan jenis BBN cair yang diperuntukkan sebagai pengganti bensin, sedangkan biodiesel, peruntukkannya sebagai substitusi solar. Kelompok minyak lemak nabati antara lain minyak sawit, minyak kelapa, minyak kedelai, dan minyak jarak pagar, bahkan minyak goreng bekas merupakan sumber bahan baku biodiesel, sedangkan nira tebu, aren dan juga biomassa lignoselulose merupakan sumber bahan baku bioetanol. Sumber BBN cukup melimpah ketersediaannya di Indonesia dan menjadi tantangan sendiri untuk dimanfaatkan secara operasional^{3,4}

Biodiesel merupakan substitusi bahan bakar minyak jenis solar terbuat dari minyak nabati (pangan maupun non pangan) dan lemak hewan melalui rute proses transesterifikasi. Penggunaannya sebagai bahan bakar dapat tunggal maupun dicampur dengan bahan bakar solar. Umumnya pencampuran minimal memerlukan banyak modifikasi pada mesin, demikian sebaliknya⁵.

Faktor pembeda dalam memilih jenis tanaman penghasil biodiesel yang tepat dipengaruhi oleh karakteristik nilai bakar minyaknya antara lain titik bakar, kekentalan (viskositas) dan nilai kalor.

Minyak tanah dan solar memiliki titik pembakaran rendah dibanding minyak nabati sehingga mudah dibakar sedangkan nilai kalor minyak nabati dan minyak bumi relatif tidak jauh berbeda

(Tabel 1). Perbedaan yang nyata lainnya adalah viskositas minyak bumi (kerosin dan solar) sangat jauh lebih rendah (lebih encer) sehingga lebih mudah mengalir dan terhindar dari penyumbatan pada mesin yang disebabkan terbentuknya senyawa polimer karena proses pemanasan. Berbagai proses untuk memperbaiki sifat minyak nabati agar mudah dibakar (dengan menurunkan titik pembakarannya) dan lebih rendah viskositasnya yaitu dengan cara pengenceran, mikroemulsifikasi, pirolisis dan transesterifikasi^{7,8}. Transesterifikasi minyak nabati merupakan pilihan terbaik sampai saat ini karena prosesnya relatif mudah dan sifat metil/etil ester asam lemak (biodiesel) yang dihasilkan mendekati minyak bumi.

MINYAK JARAK PAGAR

Jarak pagar (*Jatropha curcas* L) merupakan tanaman perdu yang termasuk keluarga *Euphorbiaceae* dengan kegunaan yang beragam terutama karena bijinya merupakan sumber minyak nabati non-pangan yang dapat digunakan sebagai sumber bahan baku biodiesel. Pertanamannya tersebar luas di sekitar Amerika Tengah dan Selatan, Afrika, India dan Asia Tenggara^{5,9}. Buah kering jarak pagar terdiri dari kulit buah 35–40% (b/b) dan biji 60–65% (b/b) biji. Berat biji 0,5–0,7 gram dengan panjang 1–2 cm. Biji mengandung kadar air 6,62%, protein 18,2%, lemak 38% dan karbohidrat 38%¹⁰.

Minyak jarak pagar dihasilkan dengan mengekstrak biji keringnya, baik secara mekanis maupun kimiawi. Ekstraksi mekanis dengan pengempaan (*pressing*) baik secara *batch* atau kontinu biasanya lebih mudah dan murah karena tidak membutuhkan teknologi proses yang rumit dan

mahal. Kandungan minyak jarak pagar dalam bijinya (*whole seed*) sekitar 30-40% (basis kering) sedangkan dari daging bijinya (kernel) 40-50% (basis kering) dengan potensi produksi 1.590 kg minyak/ha/tahun^{1,11,12,13}, lebih rendah dibandingkan minyak kelapa atau sawit.

KARAKTERISTIK

Secara kimiawi, minyak jarak pagar adalah trigliserida yang tersusun oleh asam lemak palmitat (14,1%), stearat (6,8%), oleat (38,6%), linoleat (36,0%) dan asam-asam lemak lainnya (4,5%)¹⁴. Jenis asam lemak yang paling dominan adalah asam oleat ($C_{18}H_{34}O_2$) dan linoleat ($C_{18}H_{32}O_2$) yang merupakan asam lemak tidak jenuh.

Minyak jarak pagar mengandung komponen asam lemak dengan jumlah ikatan rangkap yang berbeda. Jumlah ikatan rangkap akan berpengaruh terhadap karakteristik fisik dan kimia minyaknya, sehingga minyak jarak pagar digolongkan sebagai minyak semi-mengering (*semi-drying oil*) seperti halnya minyak kapuk dan kemiri. Harimurti *et al.*¹⁵ melaporkan pengempaan biji jarak pagar asal Nusa Tenggara Barat dengan menggunakan tekanan 110 kg/cm², temperatur 50°C selama 60 -75 menit akan menghasilkan rendemen 20–24% (Tabel 2). Hasil analisis kromatografi gas menunjukkan bahwa asam lemak yang dominan dalam minyak jarak pagar adalah asam oleat 77,872% (Tabel 3).

Minyak jarak pagar, merupakan minyak non-pangan karena tidak aman dikonsumsi sebagai minyak goreng atau digunakan sebagai *ingredient* olahan pangan. Hal tersebut disebabkan minyak jarak mengandung senyawa anti nutrisi yang dapat menyebabkan efek keracunan jika dikonsumsi. Senyawa tersebut adalah *phorbol esters* dan *curcin* yang relatif tahan pengaruh pemanasan⁵. Dengan demikian penggunaan minyak jarak memberikan peluang menguntungkan sebagai bahan baku

biodiesel karena tidak harus bersaing dengan minyak pangan (*edible oil*) seperti halnya minyak sawit dan minyak kelapa.

Sebagai bahan baku dari biodiesel, kandungan asam lemak bebas dari minyak jarak harus memenuhi kriteria bahan baku biodiesel, dimana nilai bilangan asam < 8mg KOH/g sampel minyak¹. Bilangan asam yang tinggi akan menghalangi terjadinya reaksi metanolisis, dengan pembentukan sabun⁷. sehingga penggunaan total metanol akan meningkat.

Minyak jarak pagar memiliki nilai viskositas kinematik tinggi sehingga tidak dapat langsung dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Viskositas kinematik yang tinggi pada bahan bakar akan mendorong terjadinya pembakaran tidak sempurna, sehingga dapat terbentuk deposit karbon dalam mesin¹⁵.

Kendala dan kesulitan penggunaan minyak jarak pagar secara langsung dapat diatasi dengan mengolah minyak jarak pagar dengan proses pirolisis, emulsifikasi dan transesterifikasi dengan katalis basa dan esterifikasi dengan katalis asam. Proses pirolisis dapat berlangsung pada tekanan atmosferik, akan tetapi dibutuhkan temperatur proses yang tinggi (350-400°C). Figueiredo *et al.*¹⁶ melaporkan pencampuran solar dengan 10% minyak jarak pagar hasil pirolisis masih menghasilkan karakteristik solar komersial (titik nyala 87°C, viskositas kinematik 4,14 mm²/detik). Teknologi pirolisis cepat yang dilakukan Manurung *et al.*¹⁷, tidak hanya menghasilkan biooil jarak pagar dengan rendemen tinggi (50%), juga dihasilkan biogas dan bio char sebagai bahan untuk memperbaiki struktur tanah. Crabbe *et al.*¹⁸ menjelaskan bahwa proses esterifikasi dengan katalis asam berlangsung lebih lama dengan rendemen metil ester yang lebih sedikit dibandingkan dengan proses transesterifikasi dengan katalis basa. Proses transesterifikasi lebih disukai untuk menghasilkan metil ester, karena dianggap lebih efisien, ekonomis dan ramah lingkungan. Tiwari *et al.*¹⁹ melaporkan proses transesterifikasi minyak jarak pagar dengan 2 tahap memberikan hasil metil ester tinggi (> 95%).

Tabel 2 . Karakteristik fisikokimia minyak jarak pagar

Table 2. Physicochemical characteristics of *jatropha oil*

Karakteristik/ Characteristics	Nilai/ Value
Bilangan asam (mg KOH/ g minyak)/ Acid number (mg KOH/ g oil)	0,82
Kadar asam lemak bebas/ Free Fatty Acid (%)	0,41
Densitas/ Density (g/ml)	0,91
Kadar air/ Moisture content (%)	0,9
Kinematik viskositas/ Kinematic viscosity(cSt)	103

Sumber: Harimurti *et al.*¹⁵

Tabel 3. Hasil analisis komposisi asam lemak minyak jarak pagar.

Table 3. Composition of fatty acids of *jatropha oil*.

Jenis asam lemak	Jumlah (%)
Asam laurat	0,017
Asam miristat	0,058
Asam palmitat	15,346
Asam stearat	0,077
Asam oleat	77,872
Asam linoleat	5,766

Sumber: Harimurti *et al.*¹⁵

PEMURNIAN MINYAK JARAK PAGAR

Minyak jarak pagar kasar hasil pengepresan banyak mengandung zat pengotor yang terikut secara alami dan perlu untuk dipisahkan. Zat pengotor berupa asam lemak bebas, fosfolipid, pigmen, karbohidrat, senyawa yang mengandung nitrogen dan komponen runut seperti besi, tembaga dan halogen²⁰. Keberadaan zat pengotor tersebut mengganggu kestabilan minyak selama proses penyimpanan dan akan menghambat proses purifikasi. Zat pengotor yang sebagian besar berupa gum akan menyebabkan penyumbatan, ketika minyak jarak pagar digunakan langsung sebagai bahan bakar.

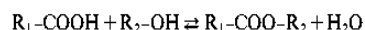
Pada proses purifikasi atau pemurnian minyak jarak pagar, pemisahan gum merupakan bagian yang paling penting²¹. Komponen utama pembentuk gum adalah fosfolipid yang merupakan senyawa sejenis trigliserida dengan salah satu asam lemak disubstitusi oleh gugus fosforil. Fosfolipid dikarakterisasikan berdasarkan kemampuan hidrasinya. Yang dapat dihidrasi dikenal dengan *hydratable phospholipids* sedangkan yang tidak dapat dihidrasi dikenal dengan *non hydratable phospholipids*²².

Pemisahan gum dapat dilakukan secara kimia dengan asam dan air, secara enzimatik dan bantuan membran. Yuliani *et al.*²³ telah melakukan pemisahan gum dengan penambahan asam dan air. Hasil penelitian menunjukkan pengurangan kandungan fosfolipid cukup tinggi (> 88,83%) pada perlakuan penambahan asam sitrat konsentrasi 0,125%. Akan tetapi, metode ini memiliki kekurangan, dimana terjadi kehilangan minyak jarak dalam jumlah yang cukup besar selama proses separasi. Bahan kimia, energi dan air yang diperlukan sangat besar diikuti pula dengan dihasilkannya limbah cair yang sulit terurai.

Yuliani *et al.*²⁰ melakukan proses separasi gum dengan bantuan membran mikrofiltrasi. Filtrasi membran berukuran pori 0,01 mm, mampu menurunkan kandungan fosfolipid dalam minyak jarak pagar, akan tetapi tidak mampu mengurangi kandungan asam lemak bebas. Rejeksi fosfolipid terbaik adalah filtrasi selama 4 menit dengan *backflush* selama 2 detik (25,47%). Fluks terbaik dari perlakuan filtrasi 2 menit dengan *backflush* 6 detik (fluks 8,421 lt/m².jam). Rejeksi terhadap kalsium terbaik ditunjukkan pada filtrasi 2 menit dan *backflush* 6 detik (73,01%), sedangkan tuntut magnesium rejeksi terbaik pada filtrasi 4 menit dengan *backflush* 6 detik (59,27%). Penggunaan membran dengan bundel pori berukuran lebih kecil (0,01 – 0,001 mm) dapat meningkatkan rejeksi terhadap fosfolipid. Selain itu, membran juga dapat berfungsi sebagai deasidifikasi, dengan menyingkirkan asam lemak bebas secara fisik, tanpa melibatkan pelarut.

BIODIESEL DARI MINYAK JARAK PAGAR

Biodiesel merupakan nama lain dari metil ester, hasil proses esterifikasi maupun transesterifikasi dari minyak nabati, dengan bantuan katalis dan alkohol. Biodiesel merupakan bahan bakar terbarukan untuk mesin diesel dan memiliki karakteristik menyerupai solar produk turunan bahan bakar minyak bumi. Nilai kalor total biodiesel 37,5–39,6 MJ/kg, sedangkan solar memiliki nilai kalor total 43,5–45,1 MJ/kg²⁴. Berrios *et al.*²⁵ menggambarkan pembentukan metil ester via reaksi esterifikasi sebagai berikut:



Gambar 1. Reaksi esterifikasi dengan reaktan metanol dan katalis asam

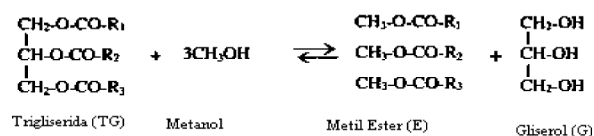
Figure 1. Esterification reaction using methanol and acid catalyst

Reaksi esterifikasi melibatkan asam-asam lemak dari minyak nabati, alkohol dan katalis asam. Metanol lebih banyak digunakan karena lebih tinggi reaktivitasnya dan lebih murah. Selain itu, metanol memiliki karakteristik fisiko-kimia yang lebih menguntungkan dibandingkan etanol²⁶. Umumnya rute ini ditempuh jika minyak nabati yang akan dikonversikan menjadi metil ester memiliki nilai bilangan asam yang tinggi (> 3 mg KOH/g minyak)²⁷. R_1 adalah rantai lurus yang terdiri dari 11–17 atom karbon yang mengandung sejumlah ikatan tidak jenuh dan sangat bergantung pada struktur natural bahan baku minyak nabati, R_2 adalah metil radikal.

Pembentukan metil ester dengan reaksi transesterifikasi melibatkan asam-asam lemak pada minyak nabati dan metanol yang sering disebut juga dengan reaksi metanolisis. Umumnya menggunakan katalis basa (NaOH) dengan konsentrasi paling besar 1%. Berchmans *et al.*²⁸ menggambarkan rute reaksi transesterifikasi seperti terlihat pada gambar 2.

Reaksi ini dianggap lebih efisien karena mampu mengkonversi minyak nabati menjadi metil ester hingga 98%. Selain itu, reaksi dapat berlangsung pada suhu di bawah titik didih metanol 68°C. Hasil dari reaksi transesterifikasi adalah metil ester dan gliserol. Metil ester yang terbentuk harus dipisahkan dari gliserol dengan proses pencucian, pengendapan dan pengupuan agar standar mutu metil ester mengacu pada SNI-04-7182-2006.

Harimurti *et al.*¹⁵ melaporkan optimasi proses metanolisis dalam minyak jarak pagar dengan metode permukaan respon. Proses optimum transesterifikasi pada rasio molar metanol sebesar 6,6: 1 dan waktu



Gambar 2. Rute reaksi transesterifikasi

Figure 2. Transesterification reaction route

reaksi 60 menit menghasilkan kadar metil ester 99,15%, bilangan asam 0,112 mg KOH/g minyak dan viskositas kinematik 4,167 cSt. Nilai prediksi dari masing-masing variabel respon tidak jauh berbeda dengan nilai aktual.

Selain menggunakan katalis kimia, esterifikasi/transesterifikasi dapat dilakukan dengan proses enzimatis menggunakan biokatalis. Hidayat *et al.*²⁹ melakukan optimasi sintesis metil oleat dengan biokatalis lipase *indigenous* kecambah biji jarak pagar. Dengan menggunakan metode permukaan respon (RSM), didapatkan kondisi optimum untuk mengkonversi metil ester sebesar 522 mmol adalah rasio molar asam oleat terhadap metanol 2:2, suhu optimum esterifikasi 39,5°C selama 64,4 menit. Biokatalis lipase kecambah jarak pagar beraktivitas secara optimum pada kisaran suhu 35,5°C–43,5°C. Pada suhu 50°C, enzim lipase mulai mengalami perubahan struktur menyebabkan reaksi berlangsung lebih lambat dan rendemen yang dihasilkan menurun (360 mmol).

Sumangat dan Hidayat²⁷ melakukan penelitian karakterisasi metil ester minyak jarak pagar melalui proses transesterifikasi satu tahap dan dua tahap. Pada proses transesterifikasi satu tahap, minyak jarak direaksikan dengan katalis dan metanol sekaligus. Jumlah metanol berlebih untuk mendorong berlangsungnya reaksi transesterifikasi. Pada proses transesterifikasi dua tahap, minyak direaksikan dengan sebagian metanol dan katalis. Metil ester yang terbentuk dipisahkan dari gliserol kemudian direaksikan lagi dengan sebagian metanol dan katalis. Proses transesterifikasi satu tahap pada suhu 30°C dan rasio molar metanol 5:1 menghasilkan metil ester dengan karakteristik sesuai standar mutu SNI-04-7182-2006, dimana viskositas kinematik 3,89 cSt, densitas 0,88 g/cm³ dan bilangan asam 0,48 mg KOH/ minyak. Rendemen yang dihasilkan 77,99%. Secara teoritis proses transesterifikasi dua tahap dapat meningkatkan pembentukan metil ester, akan tetapi resiko terjadinya oksidasi akan lebih besar dibandingkan proses satu tahap. Komposisi senyawa metil ester yang terbentuk dari proses transesterifikasi satu tahap dengan dua tahap relatif berdasarkan analisis kromatografi tidak menunjukkan adanya perbedaan. Persentase jumlah masing-masing metil ester adalah metil oleat (47,09–47,46%), metil linoleat (32,20–32,53%), metil palmitat (18,65–18,93%) dan metil lignoserat (0,26–0,3%).

MINYAK JARAK SEBAGAI SUBSTITUSI MINYAK TANAH (KEROSIN)

Minyak tanah (kerosin) merupakan produk turunan dari bahan bakar minyak bumi (BBM) dengan karakteristik 70% mengandung komponen paraffin dan naphthene. Senyawa alkil benzen dan alkil naftalen maksimal 25% dan olefin maksimal 5%³⁰. Keunggulan minyak tanah sebagai bahan bakar

karena memiliki yang sifat titik tuang yang rendah - 49°C, densitas 0,82 kg/liter, titik nyala 62°C dan viskositas kinematik pada 20°C 1,5–2,5 mm²/det².

Uji keragaan minyak jarak pagar yang sudah didegumming telah dilakukan Hadipernata *et.al.*³¹ Pencampuran minyak jarak pagar (telah didegumming) dengan minyak tanah yang paling optimal adalah pada rasio 62,5:37,5. Api yang dihasilkan berwarna biru dengan sedikit warna merah. Campuran ini menghasilkan lebih sedikit asap jika menggunakan minyak tanah 100% dan mampu mendidihkan 1 liter air selama 5,5 menit.

PEMANFAATAN PRODUK SAMPING

Pengolahan produk samping dari pengepresan biji jarak pagar berupa bungkil (*cake*), cangkang biji (*seed husk*) dan gliserin. Sama halnya dengan produk samping dan limbah pertanian yang lain, produk samping pengepresan biji jarak juga memberikan nilai tambah yang tinggi. Bungkil biji jarak dimanfaatkan sebagai produk briket, produk bahan bakar padat yang paling sederhana dan mudah dibuat. Vyas dan Singh³² melakukan uji kelayakan cangkang biji jarak pagar (39% berat biji) sebagai bahan baku penghasil biogas.

Gas yang dihasilkan dari pembakaran cangkang biji jarak digunakan sebagai bahan bakar untuk mengetahui kemampuan cangkang biji dalam aplikasi termal. Efisiensi gasifikasi cukup tinggi (68,31%) pada laju alir gas 5,5 /m³.jam dengan laju gasifikasi spesifik 270 kg/jam.m² dan suhu nyala rata-rata 872°C. Hasil studi menyimpulkan cangkang biji jarak merupakan bahan baku untuk gasifikasi yang unggul dan memiliki karakteristik bahan bakar yang setara dengan kayu dan briket biomassa.

Kadar abu dan serat yang tinggi dan masih terdapatnya senyawa yang dapat menyebabkan keracunan yaitu *phorbol ester* serta *curcin* pada bungkil jarak menyebabkan bungkil kurang sesuai untuk dimanfaatkan sebagai pakan ternak. Akhir-akhir ini, bungkil jarak mulai dimanfaatkan sebagai pakan ternak dengan melakukan rekayasa detoksifikasi senyawa-senyawa racunnya.

Pengepresan atau pengempaan biji jarak pagar meninggalkan ampas (bungkil) sebesar 70–75 yang masih mengandung minyak³⁴. Proses ekstraksi minyak biji jarak pagar tentunya akan meninggalkan sejumlah limbah biomassa yang tidak sedikit. Pemanfaatan limbah biomassa yang paling cepat dan sederhana adalah dengan pembuatan briket bungkil biji jarak pagar untuk bahan bakar tungku. Nilai kalor total bungkil jarak cukup tinggi 17291,4 kJ/kg³³, memungkinkan diolah sebagai briket untuk bahan bakar tungku. Umumnya biomassa hasil samping dari industri pertanian yang akan dimanfaatkan sebagai bahan bakar padat, memiliki nilai kalor total sekitar 15–30 MJ/kg^{2,35}.

Tabel 4. Sifat fisik dan termal dari cangkang biji jarak pagar

Table 4. Physical and thermal properties of *jatropha* seeds shell.

Parameter Parameter	Nilai Value
Densitas curah (kg/m ³) Bulk density	223,09
Sudut reposisi (derajat) Repose angle (degree)	25,03
Kadar air (% berat basah) Moisture content (%wet basis)	10,75
Zat mudah menguap (% berat kering) Volatile matter (% dry basis)	71,04
Kadar abu (% berat kering) Ash content (%dry basis)	3,97
Karbon tetap (% berat kering) Fixed carbon (%dry basis)	24,99
Nilai kalor (kKal/kg) Calorific value (kKal/kg)	4044

Sumber: Vyas dan Singh, ³²

Tahapan pembuatan briket dari biomassa adalah penggilingan, pencampuran dengan bahan perekat, pencetakan dan pengeringan. Mengingat kandungan minyak pada bungkil biji jarak masih cukup tinggi (23,75%) proses pembuatan briket bungkil tidak melalui proses karbonasi (pengarangan) terlebih dahulu.

Tujuan pencampuran dengan bahan perekat (umumnya pati singkong atau pati sagu) adalah untuk meningkatkan densitas briket yang dihasilkan, sehingga tekanan yang dibutuhkan untuk mencetak briket bungkil tidak terlalu besar.

Briket bungkil hasil cetakan biasanya masing mengandung kadar air yang tinggi (50%), untuk itulah perlu adanya pengeringan untuk mengurangi kadar air sehingga sesuai dengan ketentuan kadar air briket. Pengeringan direkomendasikan dengan penjemuran di bawah terik matahari selama 3 hari. Hasil dari uji keragaan Hadipernata *et al.*, ³¹ menunjukkan bahwa laju pembakaran briket bungkil biji jarak sebesar 1,3 gram/ menit. Lima buah briket dapat digunakan untuk mendidihkan air selama 7–8 menit. Lama nyala rata-rata 131 menit, dengan warna nyala kemerahan disertai banyak asap. Sebuah briket sendiri mampu untuk menyala selama 45 menit. Terbentuknya banyak asap disebabkan masih cukup banyaknya sisa minyak jarak pagar dalam bungkil dan juga karena tidak dilakukan pengarangan dulu terhadap bungkil sebelum dicetak menjadi briket.

Harga jual briket bungkil biji jarak dengan perekat tapioka adalah Rp. 2132, 69 per kg, sedangkan untuk yang berperekat tepung gaplek ubikayu adalah Rp. 2074,36 per kg. Nilai kalor 1 liter minyak tanah setara dengan 28 satuan briket bungkil jarak pagar atau 2150,4 gram bungkil. Briket bungkil jarak pagar secara ekonomis belum memungkinkan untuk mensubstitusi bahan bakar minyak tanah ³³, selain

Tabel 5. Sifat fisikokimia biji jarak pagar.

Table 5. Physicochemical properties of *jatropha* seeds.

Parameter uji/ Test parameter	Biji jarak pagar/ <i>J. curcas</i> seed	
	1	2
Kadar air/ Moisture content (%)	8,05	5,54
Kadar abu/ Ash content (%)	5	4,5
Kadar minyak/ Oil content (%)	33,67	47,25
Kadar protein kasar/ Crude protein content (%)	18,2	24,60
Kadar karbohidrat/ Carbohydrate content (%)	17,98	7,99
Kadar serat/ Fiber content (%)	15,5	10,12
Nilai kalor/ Calorific value (kal/gram)	4689	4713

Sumber: 1. Sumangat dkk, ³³

2. Akintayo, ¹¹

karena harganya juga karena karakteristik pembakarannya yang berasap.

Upaya untuk mengoptimalkan nilai tambah pada produk briket bungkil jarak pagar, tidak dapat dilakukan secara parsial. Karakteristik briket bungkil yang diperoleh sangat dipengaruhi oleh karakter bungkil hasil samping pengepresan. Perbaikan proses pengepresan harus dilakukan, selain untuk meningkatkan rendemen minyak jarak pagar kasar, juga untuk mengurangi kandungan minyak tersisa pada bungkil yang akan mengurangi efisiensi pembakaran.

PENUTUP

1. Biji jarak pagar memiliki potensi keragaan bahan bakar terbarukan yang cukup besar. Biji, minyak hasil ekstraksi, sampai bungkilnya cukup memenuhi kualifikasi sebagai sumber bahan bakar nabati.
2. Kesenambungan persediaan bahan baku biji jarak pagar perlu dijaga karena selama ini pengembangannya terkendala oleh pasokan bahan baku yang kurang.
3. Karakteristik minyak jarak pagar sebenarnya sudah memenuhi kriteria sebagai bahan baku biodiesel namun hingga saat ini belum mampu mensubstitusi fungsi bahan bakar solar.
4. Perlu adanya pengembangan teknologi yang terpadu mulai dari aspek budidaya tanaman sampai aspek pascapanen dan pengolahan hasil agar harga bahan baku dan produk olahannya layak secara ekonomis dibandingkan minyak solar dan minyak tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Soerawidjaja TH, Brodjonegoro TP, Reksowardoyo IK. Memobilisasi upaya penegakan industri biodiesel di Indonesia. Bandung: Pusat Penelitian Pendayagunaan Sumberdaya Alam dan Pelestarian Lingkungan ITB; 2005.
- Brown RC. Biorenewable resources: Engineering new products from agriculture. Iowa: State Press; 2003. pp. 126-132.
- Prastowo B. Potensi sektor pertanian sebagai penghasil dan pengguna energi terbarukan. Perspektif: Review Penelitian Tanaman Industri 2007; 6(2): 85-93.
- Abdullah K. Biomass energy potentials and utilization in Indonesia [Internet]. 2001 [Diunduh tanggal....]. Tersedia di: <http://222.repp.org/discussiongroups/resources/stoves/fuel/msoB2D82.pdf>
- Kumar A, Sharma S. An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L): A review. Industrial Crops and Products 2008; 28: 1 – 10.
- Muhlbauer W, Esper A, Stumpf E, Baumann R. Plant oil based cooking stove: a technology update. Paper at Workshop Rural Energy, Equity and Employment: Role of *Jatropha curcas*; 13-15 May 1998; Harare, Zimbabwe. New York: The Rockefeller Foundation and SIRDC; 1998.
- Sumangat D, Hidayat T. Karakterisasi metil ester minyak jarak pagar hasil proses transesterifikasi satu dan dua tahap. Jurnal Pascapanen Pertanian 2008; 5(2): 18-26.
- Berchmans H, Johaness, Morishita K, Takarada T. Kinetic study of hydroxide-catalyzed methanolysis of *Jatropha curcas*-waste food oil mixture for biodiesel production [Internet]. 2010 [Perbaharui 25 Januari 2010; Diunduh Maret 2010]. Tersedia di: www.sciencedirect.com
- Openshaw K. A review of *Jatropha curcas* : an oil plant of unfulfilled promise. Biomass and Bioenergy 2000; 19 : 1- 15.
- Sirisomboon P, Kitchaiya P, Pholpho T, Mahuttanyavanitch W. Physical and mechanical properties of *Jatropha curcas* L fruits, nuts and kernels. Biosystems Engineering 2007; 97: 201 – 207.
- Akintayo ET. Characteristics and composition of *Parkia biglobosa* and *Jatropha curcas* oils and cakes. Bioresource Technology 2004; 92: 307 – 310.
- Gupta RK. SPB Handbook of oil seeds, oils, fats and derivatives. Delhi: SBP Consultants and Engineers Pvt.Ltd; 1998. Hal 115.
- Kandpal JB, Madan M. *Jatropha curcas*: a renewable source of energy for meeting future energy need. Renewable Energy 1995; 6(2): 159-160.
- Jain, Siddhart, Sharma MP. Kinetics of acid base catalyzed transesterification of *Jatropha curcas* oil. Bioresource Technology 2010; 101: 7701 – 7706.
- Harimurti N, Sumangat D, Haliza W, Risfaheri. Optimasi proses metanolisis dalam minyak jarak pagar (*Jatropha curcas* L) dengan Metode Permukaan Respon. Jurnal Pascapanen Pertanian 2010; 7(1) : 16 - 22.
- Figueiredo, Kort-Kamp M, Romeiro GA, Silva RVS, Pinto PA, Damasceno RN, d'Avila LA, Franco AP. Pyrolysis oil from the fruit and cake of *Jatropha curcas* produced using a Low Temperature Conversion (LTC) process: analysis of a pyrolysis oil-diesel blend. Energy and Power Engineering 2011; 3: 332 - 338.
- Manurung R, Wever DAZ, Wildschut J, Venderbosch RH, Hidayat HC, van Damc JEG, Leijenhofst EJ, Broekhuysa AA, Heeres HJ. Valorisation of *Jatropha curcas* L. plant parts. Nut shell conversion to fast pyrolysis oil. Food and Bioproducts Processing 2009; 87: 187 - 196.
- Crabbe E, Nolasco-Hipolito CN, Kobayashi G, Sonomoto K, Ishizaki A. Biodiesel production from crude palm oil and evaluation of butanol extraction and fuel properties. Di dalam: Berchmans H, Johaness, Morishita K, Takarada T. Kinetic study of hydroxide-catalyzed methanolysis of *Jatropha curcas*-waste food oil mixture for biodiesel production [Internet]. 2010 [Perbaharui 25 Januari 2010; Diunduh Maret 2010]. Tersedia di: www.sciencedirect.com
- Tiwari AK, Kumar A, Raheman H. Biodiesel production from *jatropha* oil with high free fatty acids: an optimized process. Biomass and Bioenergy 2007; 31: 569 – 575.
- Yuliani S, Kartika IA, Harimurti N, Sumangat D. Pemisahan gum dari minyak jarak dengan membran mikrofiltrasi. Jurnal Pascapanen Pertanian 2008; 5(1) : 1-9.
- Harimurti N. Pemanfaatan Teknologi Membran dalam proses pemisahan gum dari minyak jarak pagar kasar. Lokakarya II: Status Teknologi Tanaman Jarak Pagar *Jatropha curcas* L. Jakarta: Puslitbang Perkebunan, Badan Litbang Pertanian; 2007. Hal 361-367.
- Dijkstra AJ. Degumming revisited. Di dalam: Yuliani S, Kartika IA, Harimurti N, Sumangat D. Pemisahan gum dari minyak jarak dengan membran mikrofiltrasi. Jurnal Pascapanen Pertanian 2008; 5(1) : 1-9.

23. Yuliani S, Chairunnisa A, Harimurti N, Sumangat D. Pemisahan gum dari minyak jarak pagar dengan cara penambahan air dan asam. Lokakarya II: Status Teknologi Tanaman Jarak Pagar *Jatropha curcas* L. Bogor: Puslitbang Perkebunan, Badan Litbang Pertanian; 2007. Hal 348-353.
24. Sumangat D, Broto W, Harimurti N. Teknologi pengolahan minyak Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L) dan bungkilnya sebagai bahan bakar pengganti minyak tanah. Prosiding Lokakarya Nasional III: Inovasi Teknologi Jarak Pagar untuk mendukung program desa mandiri energy; 2007; Jakarta.
25. Berrios M, Martin JS, Martin A. A kinetic study of the esterification of FFA in sun flower oil. 2007; 86: 2383 - 2388.
26. Hidayat T, Sumangat D, Risfaheri. Studi proses transesterifikasi minyak jarak pagar *Jatropha curcas* L. Lokakarya II: Status Teknologi Tanaman Jarak Pagar *Jatropha curcas* L. Bogor: Puslitbang Perkebunan, Badan Litbang Pertanian; 2006. Hal 217-227.
27. Sumangat D, Harimurti N, Sunarmani. Pengaruh jenis pengemas dan kondisi pengemasan terhadap kualitas biji jarak pagar. Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian 2008; 4(1): 69-74.
28. Berchmans H, Johanes, Hirata S. Biodiesel production from crude *Jatropha curcas* L seed oil with a high content of free fatty acids. Bioresource Technology 2007; 99: 1716-1721.
29. Hidayat Ch, Danu M, Rahayu P, Sumangat D, Hidayat T. Optimasi sintesis metil oleat menggunakan biokatalis lipase dari kecambah biji *Jatropha curcas* L. Jurnal Penelitian Pascapanen 2008; 5(2): 1-9.
30. American Petroleum Institute. Robust summary of information on kerosene. 2010.
31. Hadipernata M, Sumangat D, Broto W. Pemanfaatan minyak jarak pagar (*Jatropha curcas* L) sebagai bahan bakar pengganti minyak tanah. Lokakarya II: Status Teknologi Tanaman Jarak Pagar *Jatropha curcas* L. Bogor: Puslitbang Perkebunan, Badan Litbang Pertanian. 2006. Hal 341-347.
32. Vyas DK, Singh RN. Feasibility study of *Jatropha* seed husk as an open core gasifier feedstock. Renewable energy 2007; 32: 512 – 517.
33. Sumangat D, Broto W. Kajian teknis dan ekonomi pengolahan briket bungkil jarak pagar sebagai bahan bakar tungku. Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian 2009; 5(1): 18 - 26.
34. Hambali E. Diversifikasi produk olahan jarak pagar (*Jatropha curcas* L). Lokakarya II: Status Teknologi Tanaman Jarak Pagar *Jatropha curcas* L. Bogor: Puslitbang Perkebunan, Badan Litbang Pertanian. 2006. Hal 181-194.
35. Zeng, Xianyang, Yitai M, Lirong M. Utilization of straw in biomass energy in China. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2007; 11: 976 – 987.