

PEMANFAATAN BIJI BINTARO (*Cerbera manghas L*) SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN BIODIESEL DAN BIOPELET UNTUK PENGEMBANGAN ENERGI BARU TERBARUKAN

A USE OF BINTARO SEEDS (*Cerbera manghas L*) AS RAW MATERIAL FOR BIODIESEL AND BIOPELLET PRODUCTION FOR RENEWABLE ENERGY DEVELOPMENT

Fadilah Rabiul Nada Mudia¹, Fathona Saptara², Sahid Supriyanto³, Ahmad Zikri⁴, Fatria⁵, Irawan Rusnadi⁶
¹²³⁴⁵⁶Jurusan Teknik Kimia, Program Studi Teknik Energi, Politeknik Negeri Sriwijaya

Jl.Srijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139, Telp +62711353414 / fax +62711355918
E-mail: ahmad.zikri@polsri.ac.id.⁴

ABSTRACT

*Along with the increasing use of fossil fuels, the fossil energy reserves are increasingly depleting. The wealth of vegetable oil sources should be used to move to new renewable energy that is more environmentally friendly, one of them is biomass energy. Biomass energy can come from vegetable oils. Bintaro plants (*Cerbera manghas L*) contain cerberine poisons and are often wasted in vain. The oil content ranges from 25% to 40% so that it is very potential to be extracted through continuous Screw Pressing technology, the pulp can be directly used as solid fuel (Biopellet) while bintaro seed oil will proceed to the process of making biodiesel Through the transesterification process with a temperature of 65°C. Degumming process is needed before the process of making biodiesel by using weak acids, the use of a solution of citric acid in the degumming process of Bintaro seed oil is more effective. The higher the concentration of the acid solution, the lower the yield of oil produced. The conversion process from triglycerides to methyl ester is obtained by reacting it with a Potassium methoxide catalyst. Based on this study the highest yield of biodiesel was obtained using 0.6% wt KOH, that is, 87.81% with characterization which are still in the value of SNI values (SNI 7182 :2015) . The best quality of biopellet is at a temperature of 210°C with a rotation of 10Hz with a moisture content 2.00%, and the heating value 6689.58 cal / gr. The characterization of it's still in the range of SNI values (SNI 8021:2014).*

Keywords: Bintaro Seeds, Biodiesel, Biopellet, Degumming, Screw Pressing

1. PENDAHULUAN

Sumber energi utama yang selama ini digunakan sebagian besar berasal dari energi fosil seperti, minyak bumi, gas alam dan batubara yang telah digunakan secara berlebihan untuk memenuhi kebutuhan perkembangan dunia. Sebagai bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui penggunaan bahan bakar ini secara terus menerus akan menyebabkan kelangkaan bahan bakar dimasa yang akan datang. Salah satu usaha yang dapat dilakukan yaitu dengan menyediakan sumber energi alternatif lain yang berbasis sumber daya energi terbarukan (*renewable resources*). Salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki banyak kelebihan adalah bioenergi, salah satunya adalah biodiesel.

Biodiesel didefinisikan sebagai bahan bakar mesin diesel yang berasal dari minyak nabati. Salah satu sumber minyak nabati yang potensial untuk dijadikan bahan bakar adalah

tanaman bintaro (*Cerbera mangha L*). Tanaman bintaro merupakan tanaman jenis *mangrove*, biasanya tumbuh dibagian tepi daratan, hutan rawa pesisir pantai dengan ketinggian 800 m diatas permukaan laut. Tanaman ini dimanfaatkan sebagai tanaman reboisasi. Biji bintaro memiliki kandungan minyak yang cukup tinggi sekitar 40-65% namun tidak dapat dikonsumsi karena mengandung racun, sehingga penggunaanya sebagai sumber energi tidak akan bersaing dengan kebutuhan pangan (Herwanda, 2011).

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Hendra dkk (2016), mengekstraksi minyak biji bintaro dengan cara press hidrolis manual, hasil diperoleh sebanyak 38,78% dengan karakteristik warna kuning agak gelap, bilangan asam 6,33 mg basa/g, kadar air 2,48% v/v, viskositas kinematik 40°C 6,63 mm²/s dan berat jenis 910 kg/m³. Sejalan dengan penelitian tersebut, maka peneliti ingin melakukan pengembangan dari sisi metode

perlakuan untuk memperoleh minyak. Dalam penelitian ini digunakan metode pengepresan berulir menggunakan alat *screw press* yang telah ada dirancang oleh perusahaan Karaerler. Pengambilan minyak dengan metode pengepresan yang menggunakan *screw press* ini tidak perlu dilakukan perlakuan sebelumnya, karena pada alat ini sudah dilengkapi dengan alat pemanas dan tekanan mekanik sehingga alat ini dapat langsung memisahkan minyak dengan ampasnya dan juga ampas langsung tercetak menjadi biopelet.

Namun minyak nabati yang dihasilkan masih bersifat minyak kasar yang mengandung kotoran. Oleh karena itu diperlukan suatu proses yang dapat mengubah minyak kasar menjadi minyak biodiesel. Proses *degumming* dan esterifikasi-transesterifikasi yang dimodifikasi dapat dijadikan sebagai solusi untuk mengubah minyak kasar (*crude oil*) menjadi minyak biodiesel yang diperlukan. Dimana pada proses *degumming* terjadi pemisahan getah (*gum*) dan pengotor lainnya, sedangkan proses estrans untuk mengubah FFA (*fat fatty acid*) menjadi FAME (*fatty acid metil ester*).

2. METODE PENELITIAN

Preparasi Sampel

Biji bintaro dikupas, dicuci, dijemur dibawah sinar matahari selama ± 3 hari atau dikeringkan di oven selama ± 1 hari, kemudian diperkecil ukurannya.

Ekstraksi Biji Bintaro

Ekstraksi biji bintaro dilakukan melalui tahapan sebagai berikut : Sampel yang sudah dipreparasi dimasukkan ke dalam *Screw Oil Press Machine* untuk di *press* dan dilumatkan dengan mengatur temperatur pemanasan di *heater* (150, 170, 190, 210, dan 230°C) pada kecepatan putaran *screw* 10 Hz.

Degumming Minyak Bintaro

Proses *degumming* diawali dengan menyiapkan minyak murni bintaro sebanyak 250 ml, kemudian memanaskan minyak biji bintaro hingga mencapai temperatur 60-70°C sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer*.

Proses dilanjutkan dengan penambahan larutan H_3PO_4 (20%) sebanyak 0,5, 1, 1,5 % (b/b) kedalam minyak, panaskan dan aduk selama 30 menit dengan temperatur 60-70°C. Hasil *degumming* dimasukkan kedalam corong pisah dan didiamkan selama 24 jam. Kemudian dilakukan pencucian, dengan memanaskan aquadest 150 ml dengan temperatur 60°C setelah itu dimasukkan kedalam corong pisah, dan dikocok serta

didiamkan selama 24 jam, proses ini diulangi hingga air pencucian berwarna bening. Proses *degumming* pada penelitian ini juga menggunakan asam sitrat dengan konsentrasi 0,5, 1, 1,5 % (b/b).

Pengujian Asam Lemak Bebas Minyak

Pengujian ALB dilakukan sesuai SNI 01-3555-1998.

Proses Transesterifikasi

Proses transesterifikasi melibatkan reaksi antara campuran Metanol dan Potassium Hidroksida yang dimasukkan ke dalam minyak sebanyak 220 ml. Sebelum dicampurkan minyak harus bebas dari air dengan cara dipanaskan pada temperatur 40-48°C. Kemudian Potassium Hidroksida dengan variasi konsentrasi 0,6, 0,8, 1, dan 1,2%wt dicampur dengan metanol dengan rasio 3:1 dalam tempat yang terpisah untuk membentuk Potasium Metoksida. Sampel dipanaskan selama 1 jam di dalam suatu reaktor transesterifikasi dengan temperatur 65°C dan kecepatan pengadukan 75-150 rpm. Potasium Metoksida yang telah dibuat dimasukkan kedalam minyak sedikit demi sedikit dengan tetap mempertahankan temperatur pengadukan 65°C selama ± 1 jam. Hasil reaksi transesterifikasi berupa biodiesel dipisahkan terlebih dahulu ke dalam corong pisah selama ± 30 menit hingga terbentuk dua lapisan, lalu lapisan bawahnya (gliserol) dikeluarkan.

Proses Pencucian dan Pemurnian Biodiesel

Proses ini diawali dengan memanaskan air hingga temperatur mencapai 60°C untuk kemudian dicampurkan ke dalam corong pisah dengan perbandingan volume 1:1. Setelahnya dilakukan pemisahan air dengan biodiesel, proses ini diulangi hingga air pencucian berwarna bening. Untuk menghilangkan kandungan air pada biodiesel dilakukan pemanasan dengan cara dipanaskan pada temperatur 40-48°C. Kemudian biodiesel didinginkan hingga temperaturnya sama dengan temperatur lingkungan.

Analisis Kualitas Biodiesel

Analisis yang dilakukan berdasarkan SNI 7182 : 2015 antara lain : densitas, viskositas, titik nyala, kadar air. Sedangkan nilai kalor diuji menggunakan ASTM D 5865-11a Tipe *Adiabatic Bomb Calorimeter* Parr 6400.

Analisis Kualitas Biopelet

Pengujian kadar air dilakukan sesuai SNI 8021:2014, sedangkan nilai kalor diuji

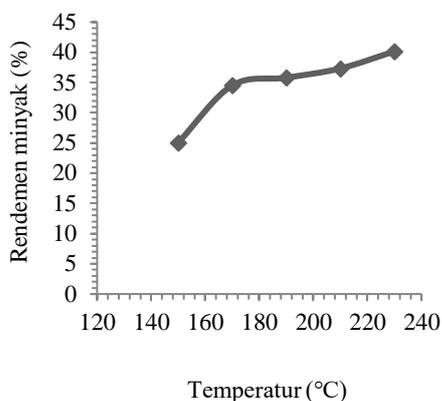
menggunakan ASTM D 5865-1a Tipe *Adiabatic Bomb Calorimeter* Parr 6400..

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Rendemen Minyak Berdasarkan Pengaruh Temperatur Pemanasan

Pengaruh variasi temperatur pemanasan terhadap rendemen minyak yang dihasilkan mengalami kenaikan seiring dengan tingginya temperatur yang digunakan pada proses pengepresan, hal tersebut terlihat pada gambar 1.

Rendemen minyak yang diperoleh dari hasil penelitian ini berkisar antara 25-40%. Rendemen tertinggi dihasilkan pada temperatur 230°C yaitu, 40,24%, sedangkan yang terendah dihasilkan pada temperatur 150°C yaitu, 25,12%.

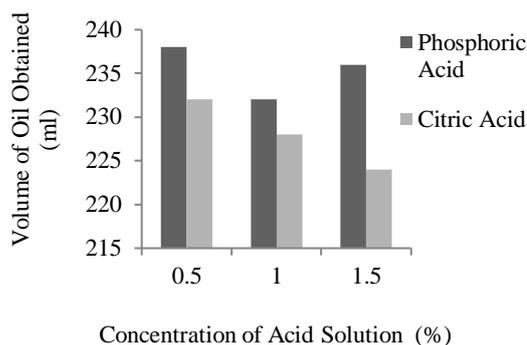


Gambar 1. Grafik Hubungan Temperatur Pemanasan dan Rendemen Minyak

Penelitian yang dilakukan oleh Ariesty, dkk (2010) juga menyebutkan rendemen minyak akan meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur, Hal ini dikarenakan temperatur yang semakin meningkat akan berpengaruh pada nilai viskositasnya. Viskositasnya akan semakin turun sehingga memudahkan pengeluaran minyak melalui sel-sel bijinya

b. Konsentrasi Larutan Asam dalam Proses *Degumming* terhadap Volume Minyak yang diperoleh

Pengamatan pada tahap *degumming* menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi asam maka rendemen minyak yang dihasilkan semakin rendah.

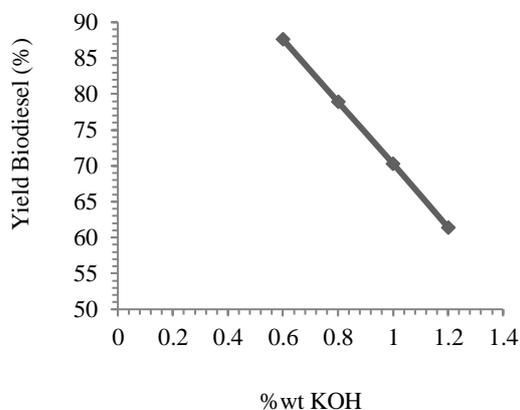


Gambar 2. Grafik Hubungan Konsentrasi Larutan Asam terhadap Volume Minyak

Hal ini dikarenakan penambahan Asam Fosfat dan Asam Sitrat ke dalam minyak bertujuan untuk memisahkan getah dan zat pengotor. Sehingga ketika larutan ini dicampurkan dengan minyak, kotoran dan getah yang terkandung didalamnya akan mengendap. Pada saat proses pencucian dilakukan penambahan aquades yang menyebabkan terjadinya pengurangan volume minyak yang dihasilkan. Atau dalam artian Penggunaan asam yang terlalu banyak memerlukan proses pencucian yang lebih lama.

c. Persen Katalis terhadap *Yield* Biodiesel

Yield dari biodiesel yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh persen katalis Potassium Hidroksida yang digunakan. Semakin kecil persen katalis yang digunakan semakin besar persen *yield* yang dihasilkan. Persen *yield* terbesar dihasilkan dengan menggunakan 0,6 %b/b katalis yaitu, sebesar 87,81%, sedangkan persen *yield* terendah pada penggunaan 1,2 %b/b katalis yaitu sebesar 61,41%.

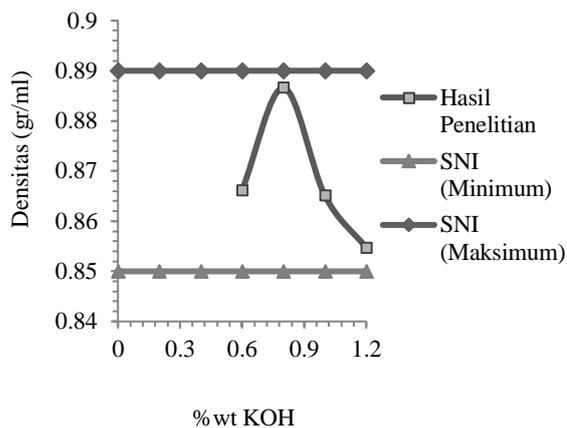


Gambar 3. Grafik Hubungan Persen Katalis terhadap *Yield* Biodiesel

Penambahan katalis basa yang semakin banyak dapat menyebabkan reaksi saponifikasi yaitu, reaksi pembentukan sabun pada trigliserida. Pemisahan antara metil ester dan gliserol akan sulit dengan adanya emulsi akibat pembentukan sabun dan menyebabkan turunnya persen yield biodiesel. Mantovani dkk., (2017) juga melaporkan hasil serupa bahwa semakin besar persen katalis semakin kecil persen yield biodiesel yang dihasilkan karena pada saat pencucian biodiesel, emulsi akan terbentuk didalam air akibat adanya partikel sabun.

d. Persen Katalis terhadap Densitas Biodiesel

Persen katalis mempengaruhi densitas dari biodiesel yang dihasilkan. Semakin tinggi persen katalis maka nilai densitas cenderung menurun sebagaimana yang terlihat pada Gambar 4.



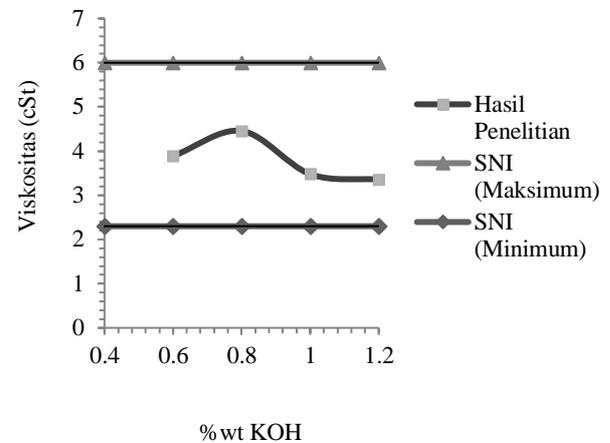
Gambar 4. Grafik Hubungan Persen Katalis terhadap Viskositas Biodiesel

Penurunan densitas ini dikarenakan katalis berlebih menyebabkan reaksi penyabunan yang membentuk gliserol yang densitasnya lebih besar daripada densitas biodiesel yaitu berturut-turut sesuai variasi mulai dari 0,9077-0,9269 gr/ml. Ketika proses pencucian, massa dari biodiesel akan berkurang karena air akan terus mengikat sisa gliserol pada kandungan biodiesel sehingga massa jenis biodiesel juga menurun. Densitas biodiesel yang dihasilkan masuk dalam rentang nilai SNI 7182 : 2015 yaitu 0,85 - 0,89 gr/ml.

e. Persen Katalis terhadap Viskositas Biodiesel

Nilai viskositas berbanding lurus dengan densitas. Semakin tinggi persen katalis maka

nilai viskositas juga cenderung menurun. Hal ini dapat terlihat pada Gambar 5.

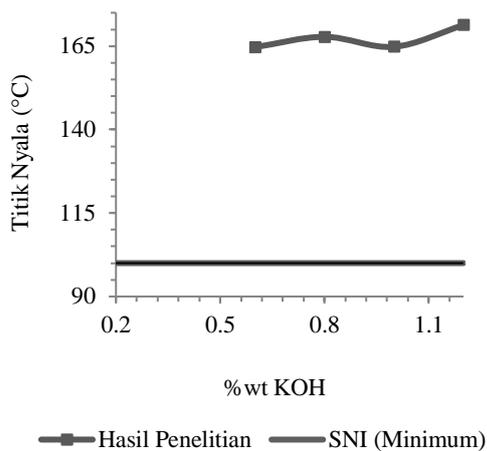


Gambar 5. Grafik Hubungan Persen Katalis terhadap Viskositas Biodiesel

Hal yang menyebabkan penurunan nilai viskositas ini dikarenakan semakin banyaknya katalis yang diberikan maka akan menurunkan energi aktivasi dan membuat reaksi berjalan lebih cepat di temperatur yang lebih rendah. Katalis akan cepat bereaksi memutus ikatan karbon asam lemak yang kemudian menjadi ikatan karbon metil ester yang rantainya lebih pendek dan akan menurunkan viskositas. Kaitan antara viskositas dan densitas ini adalah pada saat kerapatan antar molekul semakin besar maka gaya kohesi pada minyak akan semakin besar sehingga kekentalan minyak semakin tinggi, begitupun sebaliknya. Pada grafik tersebut terlihat nilai viskositas masih masuk dalam rentang nilai viskositas SNI yaitu, 2,3 - 6 cSt.

f. Persen Katalis terhadap Titik Nyala

Kecenderungan peningkatan nilai titik nyala dikarenakan pengaruh kadar air yang terkandung dalam biodiesel yang berhubungan erat dengan penambahan konsentrasi katalis. Mudahnya penyalaan bahan bakar erat kaitannya dengan titik nyala, Semakin banyak kandungan air pada bahan bakar, maka akan semakin banyak energi yang dibutuhkan untuk menguapkan air tersebut sehingga, titik nyala akan semakin tinggi, begitupun sebaliknya. Panas yang diserap tersebut akan mengurangi jumlah panas yang tersedia dari pembakaran dan mempercepat proses pemadaman api (Lestari, 2014). SNI menunjukkan ambang batas minimum titik nyala sebesar 100°C dan hasil penelitian ini termasuk standar yaitu berkisar antara 164,7-171,3 °C.

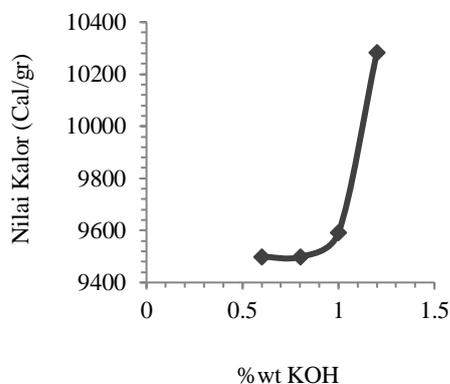


Gambar 6. Grafik Hubungan Persen Katalis terhadap Titik Nyala Biodiesel

Nilai titik nyala yang rendah akan menjadi salah satu faktor bahan bakar mudah terbakar pada temperatur ruang (temperatur ruang $\pm 32^{\circ}\text{C}$). Nilai titik nyala yang tinggi akan mengurangi resiko bahan bakar terbakar pada temperatur ruang jika dikenai uji *test flame*. Nilai titik nyala tidak langsung berkaitan dengan sistem kerja mesin akan tetapi sangat erat hubungannya dengan faktor keamanan, terutama penyimpanan dan penanganan bahan bakar jika titik nyala rendah maka bahan bakar akan mudah terbakar sehingga sangat berbahaya pada proses penyimpanannya. Tetapi, jika titik nyala tinggi maka bahan bakar akan sukar terbakar sehingga mesin akan sukar menyala pula (Qiqmana dan Sutjahjo, 2014).

g. Persen Katalis terhadap Nilai Kalor

Nilai kalor biodiesel dipengaruhi oleh senyawa penyusun yang tergantung pada bahan penyusun dasarnya.



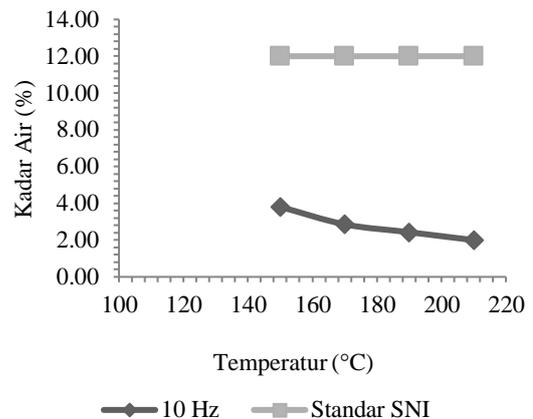
Gambar 7. Grafik Hubungan Persen Katalis terhadap Nilai Kalor Biodiesel

Berdasarkan hasil penelitian, nilai kalor biodiesel yang diperoleh berkisar antara 9498,6578- 10283,581 Cal/gr. Nilai kalor tertinggi terdapat pada penggunaan 1,2% wt KOH, yaitu sebesar 10283,581 Cal/gr sedangkan yang paling rendah pada penggunaan 0,6% wt KOH yaitu, sebesar 9498,6578 Cal/gr.

Peningkatan konsentrasi katalis menyebabkan kecepatan suatu reaksi menjadi meningkat dan juga meningkatkan jumlah tumbukan antar molekul-molekul, sehingga akan semakin banyak rantai karbon yang terputus, selanjutnya pemutusan rantai karbon ini berpengaruh pada berat molekulnya yang akan semakin mengecil dan menyebabkan nilai kalor pembakarannya akan semakin besar (Rahmat dan Fanani, 2008).

h. Temperatur Pemanasan Pengpresan Terhadap Kadar Air Biopellet

Semakin tinggi temperatur pemanasan pengpresan yang digunakan, maka kadar air pada biopellet yang dihasilkan semakin rendah yang diakibatkan karena semakin banyak terjadi penguapan kandungan air di dalam biopellet .



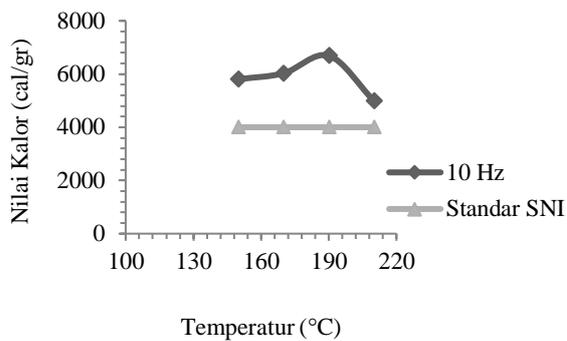
Gambar 8. Grafik Hubungan Temperatur Pemanasan Pengpresan terhadap Kadar Air Biopellet

Kadar air terendah terdapat pada variasi temperatur 210°C dengan putaran 10 Hz sebesar 2%. Sedangkan kadar air tertinggi terdapat pada variasi temperatur 150°C dengan putaran 10 Hz sebesar 3,81%.

Nilai kadar air dalam penelitian ini telah memenuhi standar kualitas pelet berdasarkan Badan Standarisasi Nasional (BSN) dan SNI 8021-2014. Nilai kadar air yang diperoleh masih berada pada nilai mutu kadar air yang telah ditetapkan, yaitu maksimal 15% (Nurwigha, 2012).

i. Temperatur Pemanasan Pengepresan terhadap Nilai Kalor Biopelet

Berdasarkan hasil penelitian, nilai kalor biopelet yang diperoleh berkisar antara 4994,55 kal/gr dan 6689,58 kal/gr. Nilai kalor yang dihasilkan telah memenuhi standar kualitas pelet berdasarkan Badan Standarisasi Nasional (BSN) dan SNI 8021-2014.



Gambar 9. Grafik Hubungan Temperatur Pemanasan Pengepresan terhadap Nilai Kalor Biopelet

Biopelet dengan variasi temperatur 210°C dengan putaran 10 Hz menghasilkan nilai kalor yang terendah sebesar 4994,55 kal/gr sedangkan biopelet dengan variasi temperatur 190°C dengan putaran 10 Hz menghasilkan nilai kalor tertinggi sebesar 6689,58 kal/gr. Nilai kalor yang mencapai 6000 kal/gr tersebut diakibatkan karena pelet yang dihasilkan masih mengandung minyak, minyak ini yang mempengaruhi nilai kalor di biopelet tersebut. Hasil analisis menunjukkan nilai kalori semakin meningkat seiring dengan semakin tingginya temperatur proses yang digunakan. Peningkatan nilai kalor salah satunya disebabkan oleh penurunan kadar air dalam biopelet. Nilai kalor merupakan salah satu indikator dalam menentukan kualitas biopelet, semakin tinggi nilai kalor menunjukkan kualitas bahan bakar semakin baik (Nasir, 2015).

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Semakin tinggi temperatur pemanasan pada alat pengepres maka rendemen minyak yang diperoleh semakin tinggi.
2. Semakin tinggi konsentrasi larutan asam maka rendemen minyak yang dihasilkan semakin rendah.
3. Berdasarkan pengaruh variasi konsentrasi katalis diperoleh biodiesel biji bintaro dengan % yield tertinggi pada penggunaan

0,6% b/b KOH yaitu, sebesar 87,81% dan % yield terendah pada penggunaan 1,2 % b/b KOH yaitu, sebesar 61,41%

4. Biodiesel berbahan baku biji bintaro dari semua variasi konsentrasi katalis sudah memenuhi SNI 7182:2015 untuk semua parameter kualitas yang diujikan.
5. Kualitas biopelet terbaik yaitu pada temperatur 210°C dengan putaran sebesar 10Hz dengan kadar air 2,00%, dan nilai kalor 6689,58 kal/gr karena telah memenuhi SNI 8021-2014.

5. SARAN

1. Disarankan setelah proses pengupasan untuk segera dijemur sampai benar-benar kering dan jangan ditempatkan ditempat yang tertutup agar biji bintaro tidak mudah busuk.
2. Perlu pengkajian lebih lanjut tentang daya tahan simpan minyak biji bintaro yang telah dimurnikan
3. Diharapkan ada penelitian lanjutan penggunaan biodiesel biji bintaro sebagai bahan pengganti/pencampur bahan bakar terhadap unjuk kerja mesin diesel serta penggunaan biopeletnya sebagai bahan bakar padat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Program Studi Teknik Energi Penulis mengucapkan terima kasih kepada Tim Redaksi Jurnal Teknik Politeknik Negeri Sriwijaya yang telah memberi kesempatan, sehingga artikel ilmiah ini dapat diterbitkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariesty, Arlene, Steviana Krisatanto, dan Ign Suharto. 2010. Pengaruh Temperatur dan F/S terhadap Ekstraksi Minyak dari Biji Kemiri Sisa Penekanan Mekanik. *Seminar Rekayasa Kimia dan Proses*, Semarang, 4-5 Agustus.
- ASTM D 5865-11a Tipe *Adiabatic Bomb Calorimeter* Parr 6400, 2003. Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke. American Society for Testing and Materials, United States of America
- BSN. (1998). Cara Uji Minyak dan Lemak. SNI 01-3555-1998. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.

- BSN. (2014). Standar Kualitas Biopellet. SNI SNI 8021:2014. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- BSN. (2015). Standar Kualitas Biodiesel. SNI 7182-2015. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Hendra, Djani, Santiyo Wibowo, Noviatri Hastuti dan Heru S. Wibisono. 2016. Karakteristik Biodiesel Biji Bintaro (*Cerbera manghas L*) dengan Proses Modifikasi. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* Vol. 34 No. 01
- Herwanda, Anita Ekawati. 2011. *Kajian Proses Pemurnian Minyak Biji Bintaro (Cerbera manghas L) sebagai Bahan Bakar Alternatif*. Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Lestari, Endah. 2014. *Prarancangan Pabrik Biodiesel dari Minyak Jarak Pagar dan Metanol Kapasitas 15.000 Ton/Tahun*. Skripsi UMS.
- Mantovani, Seftiana Annisa, dan Kusmiyati, S.T., M.T., Ph.D. 2017. *Pengaruh Jumlah Katalis dan Waktu Reaksi Terhadap Konversi Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Katalis Cao dari Kulit Telur*. Diploma thesis, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Nasir, A. 2015. *Karakteristik Wood Pellet Campuran Cangkang Sawit dan Kayu Bakau (Rhizophora spp.)* (Skripsi). Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia
- Nurloviana, Sanggra, Rudianda Sulaeman, dan Evi Sribudiana. 2018. Karakteristik Mutu Minyak Biji Bintaro (*Cerbera Manghas L*) Berdasarkan Tingkat Kematangan Biji. *JOM UNRI* Vol. 5
- Nurwigha R. 2012. *Pembuatan biopellet dari cangkang kelapa sawit dengan penambahan arang cangkang sawit dan serabut sawit sebagai bahan bakar alternatif terbarukan*. Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Qiqmana Ariefma'arij, dan Dwi Heru Sutjahjo. 2014. Karakteristik Biodiesel dari Minyak Biji Nyamplung dengan Proses *Degumming* Menggunakan Asam Sulfat dan Asam Cuka. *Jurnal Teknik Mesin* Vol. 02 No. 02
- Rachmat, Addy, dan Zainal Fanani, 2018, *Pengaruh Kondisi Operasi dan Berat Katalis Cr/Mo Zeolit Alam Aktif Tersulfidasi Terhadap Kalor Pembakaran dan Densitas Produksi*
- Hidrocracking Tir Batubara*, Prosiding UNSRI, Palembang, 21 Mei 2008.