

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Nama : Niken Widyastuti
No. Registrasi : 5315125269
Program Studi : S1 Pendidikan Teknik Mesin
Jurusan : Teknik Mesin
Judul : Pengaruh Kecepatan Pengadukan Pada Proses Esterfikasi
Biofuel Minyak Nyamplung Hasil Pretreatment Ampas
Tebu Terhadap Karakteristik Biodiesel

Draft Skripsi tersebut telah memenuhi Persyaratan dalam mendapatkan gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd) dan telah disetujui untuk diuji

Pembimbing I

Pembimbing II

Nugroho Gama Yoga, S.T., M.T
NIP. 197602052006041001

H. Wardoyo, S.T., M.T.
NIP. 197908182008011008

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis skripsi/ karya inovatif saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri dengan arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi.

Jakarta, Januari 2017
Yang membuat pernyataan

Niken Widyastuti
No. Reg: 5315125269

ABSTRAK

Niken Widyastuti. Pengaruh Kecepatan Pengadukan pada Proses Esterifikasi Terhadap Karakteristik Biodiesel. Pembimbing Nugroho Gama Yoga, S.T., M.T dan H. Wardoyo, ST, MT.. Skripsi, Jakarta: Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta. Januari 2017.

Penelitian ini bertujuan untuk mengolah minyak nyamplung mentah dengan proses *degumming* dan esterifikasi yang disertai proses preparasi perendaman menggunakan ampas tebu, sehingga minyak nyamplung mentah bisa digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti solar. Penelitian ini juga dilakukan untuk mengetahui pengaruh lama perendaman ampas tebu terhadap karakteristik biodiesel, selanjutnya bio-oil yang dihasilkan dibandingkan dengan standar biodiesel berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi No.28.K/10/DJM.T/2016.

Dalam penelitian ini, pengujian yang dilakukan adalah nilai densitas, viskositas, *flash point*, dan nilai kalor. Proses *degumming* dilakukan dengan cara menambahkan asam fosfat 20% sebanyak 0.2% berat sampel dan proses esterifikasi dilakukan dengan cara menambahkan asam sulfat 98% sebanyak 0,5% berat sampel dengan variasi kecepatan pengadukan 500 rpm, 600 rpm dan 700 rpm

Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan nilai densitas 960,186 Kg/m³, 867,782 Kg/m³, dan 879,64 Kg/m³. Untuk nilai viskositas adalah 2,92 cSt, 2,74 cSt, dan 2,59 cSt. *Flash Point* yang didapatkan adalah 44°C, 49°C, dan 54.5°C, sedangkan untuk nilai kalor yang didapatkan adalah 16465,48 BTU/lb, 16348, 12 BTU/lb dan 16419,71 BTU/lb. Berdasarkan hasil karakteristik biodiesel tersebut, minyak nyamplung dengan proses pengadukan 600 rpm merupakan sampel yang paling mendekati dengan standar biodiesel menurut Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi No.28.K/10/DJM.T/2016 dengan densitas sebesar 863.34 Kg/m³, nilai viskositas sebesar 2,74 cSt, nilai *flash point* sebesar 49°C, dan nilai kalor sebesar 16348, 12 BTU/lb.

Kata kunci: Esterifikasi, densitas, viskositas, *flash point* dan nilai kalor.

ABSTRACT

Niken Widyastuti. Effect of Stirring Speed on esterification process Characteristics Of Oil Nyamplung. Supervising Nugroho Gama Yoga, S.T., M.T and H. Ward, ST, MT .. Thesis, Jakarta: Education Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Jakarta. January 2017.

This study aims to process crude oil nyamplung the degumming process and esterification with the preparation process of immersion using bagasse, so nyamplung crude oil can be used as an alternative to diesel fuel. This study was also conducted to determine the effect of soaking the bagasse of the characteristics of biodiesel, the next bio-oil produced compared to standard biodiesel by the Director General of Oil and Gas No.28.K / 10 / DJM.T / 2016.

In this study, the tests performed is the density, viscosity, flash point and calorific value. Degumming is done by adding phosphoric acid 20% as much as 0.2% by weight of the sample and esterification process is done by adding 98% sulfuric acid of 0.5% by weight of the samples with variations in stirring speed of 500 rpm, 600 rpm and 700 rpm

Based on test results, obtained density values 960.186 Kg / m³, 867.782 Kg / m³, and 879.64 Kg / m³. For cSt viscosity value is 2.92, 2.74 cSt and 2.59 cSt. Flash Point obtained is 44°C, 49°C, and 54.5°C, while the calorific value obtained is 16465.48 BTU / lb, 16 348, 12 BTU / lb and 16419.71 BTU / lb. Based on the results of the characteristics of biodiesel, oil nyamplung with 600 rpm stirring process the samples closest to the standards of biodiesel according to the Director General of Oil and Gas No.28.K / 10 / DJM.T / 2016 with a density of 863.34 kg / m³, value of 2.74 cSt viscosity, flash point value of 49°C, and the calorific value of 16348, 12 BTU / lb.

Keywords: esterification, density, viscosity, flash point and calorific value.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum wr.wb

Puji syukur senantiasa terpanjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul Pengaruh Kecepatan Pengadukan Pada Proses Esterifikasi Biofuel Minyak Nyamplung Hasil Pretreatment Ampas Tebu Terhadap Karakteristik Biodiesel

Begitu banyak pelajaran dan pengalaman baru yang diperoleh selama proses pengerjaan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam menyusun skripsi ini tidak lepas dari bantuan, dorongan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ahmad Kholil, S.T, MT., selaku Ketua Program Studi SI Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta. .
2. Bapak Nugroho Gama Yoga, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing I.
3. Bapak H. Wardoyo, S.T, M.T., selaku dosen pembimbing II
4. Bapak Dr. C. Rudy Prihantoro, M. Pd., selaku pembimbing akademik.
5. Bapak Tatang Rustanjaya dan Ibu Siti Puryam, selaku orangtua yang tiada hentinya memberikan motivasi, nasihat, semangat, dan do'a khususnya selama penulisan skripsi ini.
6. Segenap dosen pengajar Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta yang telah memberikan bekal ilmu bagi penulis.
7. Segenap karyawan dilingkungan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UNJ.
8. Kepada teman-teman seperjuangan Teknik Mesin S1 Non Reguler 2012 yang selalu memberikan semangat. Yang tidak bisa di sebutkan satu persatu untuk semangat dan solidaritasnya.
9. Kepada keluarga besar Teknik Mesin S1 khususnya angkatan 2009, 2010, 2013 dan 2014.
10. Kepada keluarga besar *Automotive Racing Team* yang selalu memberikan semangat dari awal hingga akhir.

11. Serta semua pihak yang telah membantu terselesaikannya penulisan skripsi ini dari awal sampai akhir yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis sangat menyadari akan keterbatasan dari penulis sehingga skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran membangun sangat penulis harapkan. Harapan penulis adalah semoga skripsi ini dapat menjadi sumbangan pemikiran yang bermanfaat.

Jakarta, Januari 2017

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
HALAMAN PERNYATAAN.....	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Pembatasan Masalah	4
1.4 Perumusan Masalah.....	4
1.5 Tujuan Penelitian.....	5
BAB II KAJIAN TEORI	6
2.1 Bahan Bakar Nabati.....	6
2.2 Biodiesel.....	6
2.2.1 Metode Pembuatan Biodiesel	8
2.2.1.1. Metode Blending	8
2.2.1.2. Metode Mikroelmusi	9
2.2.1.3. Metode Pirolisis.....	10
2.2.1.4. Degumming	10
2.2.1.5. Metode Esterfikasi.....	11
2.4 Tanaman Tebu	16
2.5 Parameter Biodiesel.....	19
2.5.1 Viskositas.....	19
2.5.3 Densitas.....	23
2.5.4 Titik Nyala atau Flash Point	24
BAB III METODE PENELITIAN.....	26

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	26
3.2 Bahan dan Alat	26
3.3 Diagram Alir.....	27
3.4 Teknik Pengumpulan Data	29
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	46
5.1 Kesimpulan.....	46
5.2 Saran	46
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Produksi Minyak Bumi di Indonesia	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2.1 Kandungan Minyak Biji Nyamplung	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2.2 Komposisi Kimia Ampas Tebu	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2.3 Properti air pada berbagai suhu	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.1 Perbandingan Karakteristik Biodiesel dengan Biofuel Nyamplung	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2 1 Reaksi Esterfikasi	11
Gambar 2 2 Tanaman Nyamplung	15
Gambar 2 3 Viskometer Ostwald	20
Gambar 3. 1 Diagram Alir	28
Gambar 4. 1 Minyak nyamplung Hasil degumming (a) dengan asam fosfat, (b) dengan asam sulfat.....	37
Gambar 4. 2 Proses Esterfikasi	38
Gambar 4. 3 Minyak Nyamplung hasil esterfikasi (a) 500 rpm, (b) 600 rpm dan (c) 700 rpm.....	38
Gambar 4. 4 Grafik Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap Densitas	39
Gambar 4. 5 Grafik Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap Viskositas	41
Gambar 4. 6 Grafik pengaruh kecepatan Pengadukan terhadap nilai kalor.....	42
Gambar 4. 7 Grafik pengaruh kecepatan Pengadukan terhadap flash point	43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Foto-foto Dokumentasi.....	49
Lampiran 2 Perhitungan Densitas Minyak Nyamplung.....	51
Lampiran 3 Perhitungan Viskositas Bio-oil.....	53
Lampiran 5 Nilai Kalor dan Flash Point	55
Lampiran 6 Nilai Kalor dan Flash Point	56

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bahan bakar fosil yang merupakan bahan baku untuk bahan bakar minyak, bensin, solar dan bahan baku lainnya merupakan sumber energi yang penting karena persentase yang signifikan dalam konsumsi energi dunia. Peningkatan signifikan konsumsi bahan bakar fosil yang semakin meningkat setiap tahun berdampak pada ketersediaan minyak bumi sebagai cadangan energi fosil yang keberadaannya semakin menipis dan jumlahnya semakin terbatas. Produksi minyak di Indonesia mengalami penurunan dari tahun 2004 sampai saat ini.

Tabel 1.1 Produksi Minyak Bumi di Indonesia¹

BP Global (Perusahaan minyak dan gas multinasional)	
2012	918
2013	882
2014	852
2015	825
SKK MIGAS	
2012	860
2013	826
2014	794
2015	786

A thousand barrels per day (bpd)

¹ "Minyak Bumi" diambil dari www.indonesia-investments.com/id/bisnis/komoditas/minyak-bumi/item267? Pada tanggal 2 Januari 2017 pukul 9.42

Sedangkan menurut BP *statitiscal review of world energy 2016* mengatakan bahwa konsumsi minyak di Indonesia pada tahun 2005 yaitu 1,303 bpd, sedangkan pada tahun 2015 yaitu 1,628 bpd².

Pemerintah telah mengatasi masalah tersebut dengan telah menerbitkan Peraturan Presiden No. 5 Tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional untuk mengembangkan bahan bakar alternatif sebagai bahan bakar pengganti minyak. Kebijakan tersebut telah menetapkan sumber daya yang dapat diperbaharui (*renewable*) seperti bahan bakar nabati atau disebut dengan *biofuel* sebagai alternatif. *Biofuel* yang sudah dikembangkan sebagai bahan bakar minyak saat ini adalah biodiesel dan bioethanol.

Berbagai minyak nabati telah diteliti untuk menghasilkan biodiesel yang memenuhi syarat sebagai bahan bakar mesin diesel. Sumber minyak nabati yang tidak bersaing dengan kebutuhan pangan bila digunakan sebagai bahan baku biodiesel diantaranya adalah biji karet, biji jarak pagar, dan biji nyamplung. Supriadi dkk mengatakan bahwa penggunaan biji karet sebagai bahan baku biodiesel juga mengalami kendala karena produktifitas biji karet hanya sekitar 2 ton/ha/tahun³. Sedangkan dari ketersediaan bahan baku, biji nyamplung memiliki beberapa kelebihan. Dari hasil penelitian Bustomi S dkk mengatakan bahwa produktivitas biji dari tanaman nyamplung termasuk tinggi yaitu 20 ton/ha yang jauh lebih tinggi bila dibandingkan biji karet 2 ton/ha, biji

² BP *statitiscal review of world energy 2016*

³ Supriadi, H. dan Balittri, E. R. 2012. Potensi Pemanfaatan Biji Karet sebagai Biodiesel Ramah lingkungan. *Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri* 18: 16 – 19

jarak pagar 5 ton/ha⁴. Kandungan minyak dari biji nyamplung tergolong tinggi yaitu sebesar 40-73 %, sedangkan jarak pagar 40-60 % dan biji karet 40-50 %⁵. Minyak biji nyamplung merupakan sumberdaya energi terbarukan yang cukup potensial sebagai bahan dasar biodiesel tanpa harus bersaing dengan kebutuhan pangan.

Beberapa penelitian tentang pembuatan biodiesel dari minyak nyamplung telah dilakukan dengan berbagai metode akan tetapi dalam metodenya tidak banyak yang melakukan *pretreatment* terhadap minyak tersebut. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan *pretreatment* minyak nyamplung untuk menurunkan kandungan asam lemak bebas (FFA).

Tanaman tebu merupakan tanaman yang mempunyai senyawa selulosa dan lignin pada ampasnya dengan kadar sebesar 32,1% dan 25,1% sehingga ampas tebu efektif digunakan sebagai adsorben⁶.

Dari uraian tersebut, penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai metode eksterfikasi minyak nyamplung yang nantinya minyak nyamplung tersebut digunakan sebagai bahan bakar nabati. Maka dari itu penulis mengambil judul “Pengaruh Kecepatan Putar dalam Proses Esterfikasi Minyak Nyamplung *Pretreatment* Ampas Tebu terhadap Karakteristik Biodiesel”

⁴ Bustomi, S.,Tati Rostiwati, T., Sudradjat, R., Leksono, B., Kosasih, S., Anggraeni, I., Syamsuwida, D., Lisnawati, Y., Mile, Y., Djaenudin, D., Mahfudz, Rachman, E. (2008). Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.) Sumber Energi Biofuel yang Potensial. Jakarta: Badan Litbang Kehutanan

⁵ Soerawidjaja,T.H. (2006). Raw Material Aspects of Biodiesel Production in Indonesia. Seminar “Business Opportunities of Biodiesel into the Fuel Market in Indonesia”,8 Maret 2006. Jakarta: BPPT

⁶ Ratno, dkk, Jurnal Teknik Pomits Pengaruh Ampas tebu sebagai Adsorbent pada Proses Pretreatment Minyak Jelantah terhadap karakteristik Biodiesel Volume 2 No 2, (Surabaya:2013) Hal 258. Diakses pada tanggal 17 Mei 2016 Pukul 11.48

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang dan permasalahan yang ada, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut:

1. Apa penyebab produksi bahan bakar minyak menurun?
2. Apa saja alternatif untuk menghasilkan bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar minyak?
3. Bagaimana cara menghasilkan *Biofuel* dengan proses esterfikasi?
4. Bagaimana pengaruh ampas tebu terhadap karakteristik *biofuel*?
5. Bagaimana karakteristik *Biofuel* yang dihasilkan dari biji nyamplung?

1.3 Pembatasan Masalah

Agar penelitian ini lebih fokus dan pembahasannya tidak semakin meluas mengingat keterbatasan waktu, materi dan dana maka penulis melakukan pembatasan masalah

1. Bahan baku yang digunakan adalah minyak nyamplung mintah produksi Cilacap Jawa tengah
2. Pengolahan minyak nyamplung menggunakan metode *degumming* dan esterfikasi
3. Penelitian ini menggunakan satu aspek esterfikasi yaitu kecepatan pengadukan yaitu 500 rpm, 600 rpm dan 700 rpm.
4. Karakteristik yang dianalisa adalah densitas, viskostias, titik nyala dan nilai kalor.

1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi masalah dan pembatasan masalah diatas, maka perumusan masalah dalam penelitian ini dapat

dirumuskan sebagai berikut: Bagaimana pengaruh kecepatan pengadukan terhadap pengolahan minyak nyamplung dengan proses esterifikasi terhadap karakteristik *Biofuel* yang dihasilkan?

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan pada masalah-masalah yang sudah dirumuskan sebelumnya, maka penelitian ini, memiliki tujuan sebagai berikut:.

1. Untuk mengetahui pengaruh kecepatan pengadukan terhadap karakteristik minyak nyamplung.
2. Mempersingkat pembuatan biodiesel dengan hanya menggunakan *degumming* dan esterifikasi.

BAB II

KAJIAN TEORI

2.1 Bahan Bakar Nabati

Indonesia memiliki sumber daya alam yang melimpah. Sumber daya alam tersebut terdiri dari sumber nabati dan hewani. Kekayaan sumber daya alam tersebut menjadikan Indonesia memiliki peluang dalam pembuatan bahan bakar alternatif. Salah satu bahan bakar alternatif yaitu bahan bakar nabati. Bahan Bakar Nabati (BBN) atau *biofuel* sedang dikembangkan di Indonesia. Menurut Marek Walisiewicz, Bahan Bakar Nabati berbeda dengan Bahan Bakar Minyak (BBM) yang terbentuk dari hewan dan tumbuhan mikrokopis selama ratusan juta tahun. Bahan Bakar Nabati (BNN) berbasiskan paa industri perkebunan dan pertanian.⁷

BBN ditekankan kepada budidaya energi *energy farming* bukan berburu energi seperti halnya dilakukan pada pengolahan BBM. *Biofuel* dibagi menjadi biodiesel, *bio oil*, *biogas*, biodimetil eter, biometanol dan bioetanol

2.2 Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif dari sumber daya terbarukan (*renewable resources*), dengan komposisi ester asam lemak dari minyak nabati antara lain: minyak kelapa sawit, minyak kelapa, minyak jarak pagar, minyak biji kapuk, dan masih ada lebih dari 30 macam tumbuhan Indonesia yang memiliki potensial untuk dijadikan bahan baku pembuatan biodiesel⁸.

Biodiesel, atau sering dikenal dengan nama *FAME* atau *fatty acid methyl ester* merupakan produk yang dihasilkan dari reaksi transesterifikasi minyak nabati atau hewani dengan metanol dan katalisator NaOH atau KOH. Sebagai bahan bakar alternatif, biodiesel memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan bahan bakar minyak bumi diantaranya: ramah lingkungan, emisi pencemaran udara yang relatif rendah, dapat terurai secara alami (*biodegradable*), dan bisa digunakan tanpa memerlukan proses modifikasi mesin. Biodiesel dihasilkan melalui reaksi transesterifikasi, yaitu reaksi antara minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol menghasilkan alkil ester (biodiesel) dan hasil samping gliserol dengan bantuan katalis⁹. Katalis digunakan untuk meningkatkan kecepatan reaksi dan yield produk. Karena reaksi ini merupakan reaksi bolak-balik (*reversible*), dibutuhkan alkohol berlebih untuk menggeser kesetimbangan ke arah produk¹⁰. Konversi trigliserida menjadi metil ester atau etil ester melalui proses transesterifikasi dapat mengurangi berat molekul trigliserida hingga sepertiganya dan mengurangi viskositas hingga seperdelapannya, serta sedikit meningkatkan titik nyalanya.

1. Mempunyai bilangan setana yang tinggi
2. Mengurangi emisi karbon monoksida, hidrokarbon dan NOx.

⁷Marek Walisiewicz, 2005, *Energi Alternatif: Panduan ke Masa Depan teknologi Energi*. Erlangga. Jakarta

⁸ Lemigas. 2005. Naskah Akademik Rancangan Kebijakan Biodiesel. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi.

⁹ Noiroj, K., Intarapong, P., Luengnaruemitchai, A. and Jai-In, S. 2009. *A comparative study of KOH/Al₂O₃ and KOH/NaY catalysts for biodiesel production via transesterification from palm oil*. *Renewable Energy*, 34 (2008), 1145–1150

¹⁰ Helwani, Z., Othman, M. R., Aziz, N., Kim, J. and Fernando, W. J. N. 2009. Solid heterogeneous catalysts for transesterification of triglycerides with methanol: A review. *Applied Catalysis A: General*, 363, 1-2 (2009), 1-10

3. Terdapat dalam fase cair. Bahan bakar diesel dikehendaki relatif mudah terbakar sendiri (tanpa harus dipicu dengan letikan api busi) jika disemprotkan ke dalam udara panas bertekanan. Tolak ukur dari sifat ini adalah bilangan setana, yang didefinisikan sebagai % volume n-setana didalam bahan bakar yang berupa campuran n-setana ($n\text{-C}_{16}\text{H}_{34}$) dan α -metil naftalena ($\alpha\text{-CH}_3\text{-C}_{10}\text{H}_7$) serta berkualitas pembakaran di dalam mesin diesel standar n-setana (suatu hidrokarbon berantai lurus) sangat mudah terbakar sendiri dan diberi nilai bilangan setana 100, sedangkan α -metil naftalena (suatu hidrokarbon aromatik bercincin ganda) sangat sukar terbakar dan diberi nilai bilangan setananol

2.2.1 Metode Pembuatan Biodiesel

Penggunaan minyak nabati sebagai bahan bakar diesel sudah lama dicoba digunakan. Ada beberapa metode yang dikembangkan untuk mengurangi efek negatif dari penggunaan minyak nabati secara langsung sebagai bahan bakar. Metode-metode tersebut antara lain metode *blending*, mikroelmusi, pirolisis dan esterfikasi.

2.2.1.1. Metode *Blending*¹¹

Metode *blending* adalah mencampurkan minyak nabati dengan bahan bakar diesel dengan perbandingan tertentu. Penelitian ini sudah dilakukan pada berbagai minyak nabati, dengan berbagai perbandingan dengan bahan bakar diesel. Percobaan dilakukan dengan melakukan uji coba langsung pada mesin diesel. Dari percobaan tersebut diketahui bahwa

¹¹ Ma Fangrui dan A. Hanna Milford. "Biodiesel Production: a review". (USA:1999)

penggunaan minyak nabati dengan metode blending memiliki permasalahan dengan mesin.

Tabel 2.1: Kendala dan Penyebab dari Metode Blending

Kendala	Penyebab
Jangka Pendek	
1. Kesulitan penyalaan pada suhu dingin	Viskositas tinggi, angka setana rendah dan flash point rendah
2. Penyumbatan pada filte, saluran dan injektor	Kandungan gum alami dalam minyak nabati
3. Terjadi Knocking	Angka setana yang rendah dan waktu injeksi yang tidak tepat
Jangka panjang	
1. Terjadi <i>knocking</i> pada piston	Viskositas yang tinggi, pembakaran yang kurang sempurna
2. Adanya deposit karbon pada piston	Viskositas yang tinggi, pembakaran kurang sempurna.
3. Kegagalan pelumasan mesin	Temperatur tinggi mengaktifkan rantai tak jenuh yang terkandung pada minyak nabati terpolimerisasi dan mengkontaminasi pelumas

Berdasarkan tabel 2.1 disimpulkan bahwa minyak nabati memiliki viskositas yang tinggi menyebabkan terjadi kendala pada saat pembakaran. Selain itu, kandungan asam yang tinggi menyebabkan terjadi kerusakan pada blok mesin.

2.2.1.2. Metode Mikroemulsi¹²

Metode mikroemulsi adalah pendispersian ke dalam bentuk koloid dengan besar partikel antara 1-150 nm. Metode ini dilakukan dengan melarutkan minyak nabati ke dalam pelarut metanol, etanol. Namun kelemahan dari metode ini adalah jumlah alkohol yang digunakan sebagai

¹² H. Tatang, Soerawidjaja. "Menjadikan Biodiesel sebagai bagian dari *liquid fuel mix* di Indonesia". Pusat Penelitian Material dan Energi Institut Teknologi Bandung. 2001

pengelmuhi cukup besar, sehingga menaikkan volatilitas dan menurunkan titik nyala.

2.2.1.3. Metode Pirolisis

Pirolisis adalah proses dekomposisi minyak nabati secara termal atau dapat juga menggunakan katalis untuk memutuskan rantai hidrokarbon dan menghasilkan rantai hidrokarbon yang lebih pendek. Proses ini dilakukan dalam keadaan tanpa udara atau oksigen. Mekanisme pirolisis secara kimia sulit ditentukan karena banyaknya kemungkinan produk dihasilkan.

Keuntungan produk yang dihasilkan dari proses pirolisis adalah adanya kemiripan dengan struktur bahan bakar diesel solar. Kelemahan dari metode pirolisis yaitu peralatan yang relatif mahal dan bahan bakar yang dihasilkan tidak teroksidasi karena pada prosesnya tidak boleh ada oksigen.

2.2.1.4. Degumming

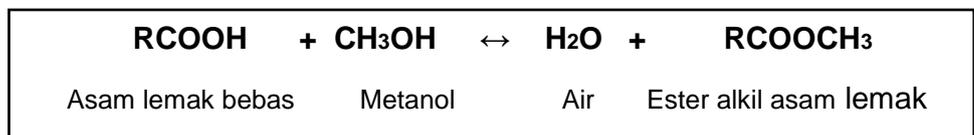
Gum merupakan kata dari bahasa Inggris yang mempunyai arti getah. Getah/lendir yang ada pada minyak nyamplung mentah terdiri dari fosfatida, protein, karbohidrat, residu, air dan resin.¹³ Getah-getah tersebut harus dihilangkan dari minyak yang akan dijadikan biodiesel. Proses degumming dilakukan dengan tujuan untuk memisahkan *gum* atau getah

¹³ Nurhayati, *Teknologi Pemrosesan Biodiesel*, (Bandung: Pusat Pengembangan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Bidang Mesin dan Teknik Industri, 2014), Hal. 30.

serta zat pengotor lainnya dari minyak yang akan dijadikan sebagai *biodiesel*.¹⁴

2.2.1.5. Metode Esterifikasi

Esterifikasi adalah tahap konversi dari asam lemak bebas menjadi ester. Esterifikasi mereaksikan minyak lemak dengan alkohol. Tahapan esterifikasi bertujuan untuk menurunkan asam lemak bebas karena produksi biodiesel asam lemak bebasnya harus kecil dari 2%.¹⁵. Katalis-katalis yang cocok untuk proses esterifikasi adalah zat berkarakter asam kuat, dan karena ini asam sulfat, asam sulfonat organik atau resin penukar kation asam kuat merupakan katalis-katalis yang biasa terpilih dalam praktek industrial. Untuk mendorong agar reaksi bias berlangsung ke konversi yang sempurna pada temperatur rendah, reaktan metanol harus ditambahkan dalam jumlah yang sangat berlebih dan air produk ikutan harus disingkirkan dari fasa reaksi, yaitu fasa minyak. Melalui kombinasi-kombinasi yang tepat dari kondisi-kondisi reaksi dan metode penyingkiran air, konversi sempurna asam-asam lemak ke ester metilnya dapat dituntaskan dalam waktu 1 sampai beberapa jam. Reaksi esterifikasi dari asam lemak menjadi metil ester adalah :



Gambar 2 1 Reaksi Esterifikasi

¹⁴ Andik Baktiar, *Jurnal Teknik Mesin UNS Perbaikan Kualitas Biodiesel Biji Karet Melalui Proses Degumming Menggunakan Asam Phospat Metode Non-Katalis Superheated Methanol Tekanan Atmosfir*. Hal. 324.

¹⁵ Tengku Ryhaan, *Jurnal Online Mahasiswa Produksi Biodiesel Dari CPO Dengan Proses Esterifikasi Dengan Katalis H₂SO₄ Dan Transesterifikasi Dengan Katalis Cao Dari Cangkang Kerang Darah Volume 2 No. 1*, (Pekanbaru:2015), Hal. 209.

Esterifikasi biasanya dilakukan untuk membuat biodiesel dari minyak berkadar asam lemak bebas tinggi. Pada tahap ini, asam lemak bebas akan dikonversi menjadi metil ester. Tahap esterifikasi biasanya diikuti dengan tahap transesterifikasi. Namun sebelum produk esterifikasi diumpankan ke tahap transesterifikasi, air dan bagian terbesar katalis asam yang dikandungnya harus disingkirkan terlebih dahulu.¹⁶

Hal-Hal Yang Mempengaruhi Reaksi Esterifikasi Faktor-faktor yang berpengaruh pada reaksi esterifikasi antara lain :

a. Waktu reaksi

Semakin lama waktu reaksi maka kemungkinan kontak antar zat semakin besar sehingga akan menghasilkan konversi yang besar. Jika kesetimbangan reaksi sudah tercapai maka dengan bertambahnya waktu reaksi tidak akan menguntungkan karena tidak memperbesar hasil.

b. Pengadukan

Pengadukan akan menambah frekuensi tumbukan antara molekul zat pereaksi dengan zat yang bereaksi sehingga mempercepat reaksi dan reaksi terjadi sempurna. Sesuai dengan persamaan Archenius :

$$K = A e^{(-E_a/RT)}$$

dengan,

$$T = \text{suhu absolut (}^\circ\text{C)}$$

¹⁶ Pei-jing Shui et al, 2013, Biodiesel production from rice bran by a two step in situ process, Bioresource technology 101 (984-989)

R = Konstanta gas umum (cal/gmol oK)

E = Tenaga aktivasi (cal/gmol)

A = Faktor tumbukan (t-1)

K = Konstata kecepatan reaksi (t-1)

Semakin besar tumbukan maka semakin besar harga konstanta kecepatan reaksi. Sehingga dalam hal ini pengadukan sangat penting mengingat larutan minyak katalis methanol merupakan larutan *immiscible*.

c. Katalisator

Katalisator berfungsi untuk mengurangi tenaga aktivasi pada suatu reaksi sehingga pada suhu tertentu harga konstanta kecepatan reaksi semakin besar. Pada reaksi esterifikasi yang suah dilakukan biasanya menggunakan konsentrasi katalis antara 1-4 % berat sampai 10 % berat campuran pereaksi.

d. Suhu Reaksi

Semakin tinggi suhu yang dioperasikan maka semakin banyak konversi yang dihasilkan hal ini sesuai dengan persamaan Archenius. Bila suhu naik maka harga k semakin besar sehigga reaksi berjala cepat dan hasil konfersi semakin besar¹⁷.

Reaksi esterifikasi merupakan reaksi pembentukan ester dengan reaksi langsung antara suhu asam karboksilat dengan suatu alcohol. Suatu reaksi pepadatan untuk membentuk suatu ester disebut esterifikasi.

¹⁷ Aprilina purbasari and Silviana, kajian awal pembuatan biodiesel dari minyak dedak dengan proses esterifikasi, (Semarang: Teknik Kimia Undip) 2008

Esterifikasi dapat dikatalis oleh kehadiran ion H^+ . asam belerang sering digunakan sebagai suatu katalisator untuk reaksi ini. Pada skala industri etil asetat di produksi dari reaksi esterifikasi antara asam asetat (CH_3COOH) dan etanol (C_2H_5OH) dengan bantuan katalis berupa asam sulfat (H_2SO_4). Ester adalah sebuah asam karboksilat mengandung gugus $COOH$, dan pada sebuah ester hidrogen pada gugus ini digantikan dengan sebuah gugus hidrokarbon dari berbagai jenis. Gugus ini bisa berupa gugus alkil seperti metil atau etil, atau gugus yang mengandung sebuah cincin benzene seperti fenil. Ester dapat terhidrolisis dengan pengaruh asam membentuk alkohol dan asam karboksilat. Reaksi hidrolisis tersebut merupakan kebalikan dari pengesteran. Disini senyawa karbon mengikat gugus fungsi- $COOR$ adalah alkilalkanoat. Ester diturunkan dari alkohol dan asam karboksilat. Untuk ester turunan dari asam karboksilat paling sederhana, nama-nama tradisional digunakan, seperti formate, asetat dan propionate. Proses esterifikasi adalah suatu reaksi reversibel antara suatu asam karboksilat dengan suatu alkohol. Produk esterifikasi disebut ester yang mempunyai sifat yang khas yaitu baunya yang harum sehingga pada umumnya digunakan sebagai pengharum sintesis. Reaksi esterifikasi merupakan reaksi reversibel yang sangat lambat.

2.3 Tanaman Nyamplung

Nyamplung merupakan tanaman yang banyak tumbuh di sepanjang pantai di seluruh Indonesia. Tanaman nyamplung atau nama latinnya *Calophyllum inophyllum* L. merupakan tanaman yang berasal dari Afrika Timur dan Pantai India tetapi banyak tumbuh di daerah tropis

khususnya di negara kepulauan sekitar Samudra Hindia dan Samudra Pasifik. Tanaman nyamplung termasuk ke dalam famili mangosteen seperti halnya tanaman manggis.

Buah nyamplung berbentuk seperti peluru dengan ujung berbentuk lancip dengan panjang 25-50 mm. Kulit luar buah berwarna hijau selama masih bergantung di pohon dan berubah menjadi kekuningan atau kecoklatan setelah matang. Daging buah tipis dan lambat laun akan menjadi keriput, rapuh dan mengelupas dimana di dalamnya terdapat sebuah inti berwarna kuning terutama jika sudah dijemur. Biji nyamplung berukuran cukup besar dengan ukuran diameter 2-4 cm. Biji nyamplung dapat diperoleh dengan membersihkan kulit dan sabut dari biji nyamplung. Dalam setiap 1 kg terdapat 100-200 biji nyamplung.



Gambar 2 2 Tanaman Nyamplung

Tanaman nyamplung berbuah sepanjang tahun dan tersebar cukup luas di Indonesia. Tanaman ini biasanya tumbuh di kawasan pantai dan dapat hidup dengan baik pada ketinggian 500 meter dari permukaan laut.

Rata-rata setiap pohon nyamplung dapat menghasilkan biji kurang lebih sebanyak 250 kg. Biji nyamplung memiliki kandungan minyak yang tinggi yaitu 55% pada biji segar dan 70,5% pada biji kering. Berikut ini adalah kandungan minyak yang terdapat dalam biji nyamplung

Tabel 2.2: Kandungan Minyak Biji Nyamplung¹⁸

No.	Komponen	Presentase (% berat)
1	Asam lemak jenuh	29,415
	- Asam palmitat	14,318
	- Asam stearat	15,097
2	Asam lemak tidak jenuh	70,325
	- Asam palmitoleat	0,407
	- Asam oleat	35,489
	- Asam linoleat	33,873
	- Asam linolenat	0,557

2.4 Tanaman Tebu

Tebu (*Sacharum officinarum*, Linn.) merupakan tanaman bahan baku pembuatan gula yang hanya dapat ditanam di daerah beriklim tropis. Umur tanaman sejak ditanam sampai bisa dipanen mencapai kurang lebih satu tahun.

Tebu termasuk keluarga Graminae atau rumput-rumputan dan cocok ditanam pada daerah dengan ketinggian 1 sampai 1300 meter di atas permukaan air laut. Di Indonesia terdapat beberapa jenis tebu, di antaranya tebu hitam, tebu kasur, POJ 100, POJ 2364, EK 28, dan POJ 2878. Setiap tebu memiliki ukuran batang dan warna yang berlainan. Tebu termasuk tanaman

¹⁸ Christina, natalia, Edwin Sungadi, dkk, "Pembuatan Biodiesel dari Minyak Nyamplung dengan Menggunakan Katalis Berbasis Kalsium", [jurnal]. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala, (Surabaya) 2011

berbiji tunggal yang tingginya berkisar antara 2 sampai 4 meter. Batang tebu memiliki banyak ruas yang setiap ruasnya dibatasi oleh buku-buku sebagai tempat tumbuhnya daun. Bentuk daunnya berupa pelepah dengan panjang mencapai 1-2 meter dan lebar 4-8 cm. Permukaan daunnya kasar dan berbulu. Bunga tebu berupa bunga majemuk dengan bentuk menjuntai di puncak sebuah poros gelagah. Tebu mempunyai akar serabut. Tebu dari perkebunan diolah menjadi gula di pabrik gula. Dalam proses produksi gula, dari setiap tebu yang diproses dihasilkan ampas tebu sebesar 90%, gula yang dimanfaatkan hanya 5% dan sisanya berupa tetes tebu (molase) dan air.

Ampas tebu adalah bahan sisa berserat dari batang tebu yang telah mengalami ekstraksi niranya dan banyak mengandung parenkim serta tidak tahan disimpan karena mudah terserang jamur. Serat sisa dan ampas tebu kebanyakan digunakan sebagai bahan bakar dalam proses pembuatan gula. Berikut ini adalah kandungan yang ada pada ampas tebu¹⁹:

Tabel 2.3 Komposisi Kimia Ampas Tebu

Kandungan	Kadar (%)
Abu	3,82
Lignin	22,09
Selulosa	37,65
Sari	1,81
Pentosan	27,97
SiO ₂	3,01

¹⁹ Asbahani, *Jurnal Teknik Sipil Untan Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu Sebagai Karbon Aktif Untuk Menurunkan Kadar Besi Pada Air Sumur Volume 13 Nomor 1*, (Pontianak:2013), Hal. 108.

2.4.1 Tebu Sebagai Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu fenomena yang berkaitan erat dengan permukaan di mana terlibat interaksi antara molekul-molekul cairan atau gas dengan molekul padatan²⁰. Interaksi ini terjadi karena adanya gaya tarik atom atau molekul yang menutupi permukaan tersebut. Kapasitas adsorpsi dari ampas tebu tergantung pada ukuran partikel ampas tebu dan mungkin dapat digunakan untuk mengadsorpsi *Free Fat Acid* pada minyak nyamplung yang masih mentah .

Berdasarkan kekuatan dalam berinteraksi, adsorpsi dapat dibedakan menjadi dua, yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Adsorpsi fisika terjadi apabila gaya inter molekular lebih besar daripada gaya tarik antar molekul atau gaya tarik menarik yang relatif lemah antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Gaya ini disebut gaya *van der waals* sehingga adsorbat dapat bergerak dari satu bagian permukaan ke bagian permukaan lain dari adsorben. Gaya antar molekul adalah gaya tarik antara molekul molekul fluida dengan permukaan padat, sedangkan gaya inter molekular adalah gaya tarik antar molekul fluida itu sendiri. Adsorpsi kimia terjadi karena adanya pertukaran atau pemakaian bersama elektron antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben sehingga terjadi reaksi kimia.

Dalam adsorpsi digunakan istilah adsorbat dan adsorben, di mana adsorbat adalah substansi yang terserap atau substansi yang akan dipisahkan dari pelarutnya, sedangkan adsorben adalah suatu media penyerap²¹. Pada

²⁰ Asbahani, *Loc.cid*, Hal. 106.

²¹ Asbahani, *Loc.cid*, Hal. 107.

penelitian yang penulis lakukan, ampas tebu berperan sebagai adsorben dan pengotor berupa asam lemak bebas (*Free Fat Acid*) adalah substansi yang akan dipisahkan.

2.5 Parameter Biodiesel

2.5.1 Viskositas

Viskositas adalah ukuran yang menyatakan kekentalan suatu cairan atau fluida. Viskositas (kekentalan) berasal dari kata *Viscous*²². Viskositas dapat dianggap sebagai gerakan di bagian dalam suatu fluida. Jadi viskositas menentukan kecepatan mengalirnya suatu cairan.

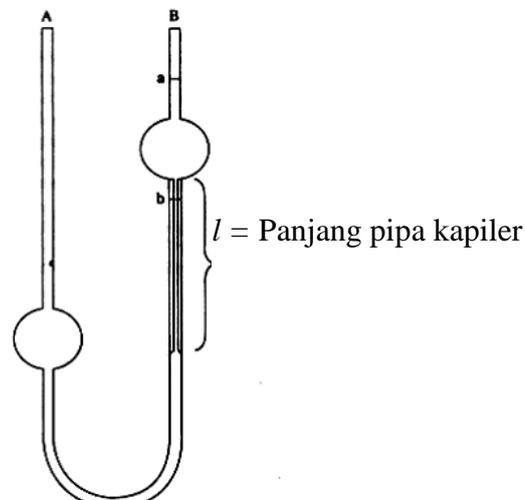
Gaya tarik antar molekul yang besar dalam cairan menghasilkan viskositas yang tinggi. Kekentalan (viskositas) merupakan sifat cairan yang berhubungan erat dengan hambatan untuk mengalir. Beberapa cairan ada yang mengalir cepat, sedangkan lainnya mengalir secara lambat. Cairan yang mengalir cepat seperti air, alkohol dan bensin mempunyai viskositas kecil. Sedangkan cairan yang mengalir lambat seperti gliserin, minyak castor dan madu mempunyai viskositas besar.

Satuan SI untuk viskositas adalah $\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2 = \text{Pa}\cdot\text{s}$ (Pascal sekon). Sedangkan menurut sistem CGS satuan viskositas adalah Poise (1 Poise = 0,1 Pa.s) yang setara dengan $\text{dyne}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$. Suatu cairan mempunyai viskositas absolut atau dinamik 1 poise, bila gaya 1 dyne diperlukan untuk menggerakkan bidang seluas 1 cm^2 pada kecepatan 1 cm/detik terhadap

²² Estein Yazid. *Kimia Fisika untuk Mahasiswa Kesehatan*. (Yogyakarta : Pustaka Pelajar, 2015). Hal. 175.

permukaan bidang datar sejauh 1 cm. Viskositas sering juga dinyatakan dalam sentipoise (1 Poise = 100 cP).

Viskositas cairan dapat ditentukan dengan beberapa cara, salah satunya dapat dilakukan dengan menggunakan Viskometer Ostwald. Metode ini ditentukan berdasarkan hukum *Poiseuille* menggunakan alat Viskometer Ostwald seperti yang ditunjukkan dalam gambar 2.5.



Gambar 2 3 Viskometer Ostwald

Penetapannya dilakukan dengan jalan mengukur waktu yang diperlukan untuk mengalirnya suatu cairan dalam pipa kapiler dengan gaya yang disebabkan oleh berat cairan tersebut dari batas a ke batas b.

Sejumlah tertentu cairan yang akan diukur viskositasnya dimasukkan ke dalam viskometer yang diletakkan pada sebuah statif. Cairan kemudian diisap dengan menggunakan *ball pipet* ke dalam bola bagian atas sampai pada batas a. Cairan dibiarkan mengalir menuju ke bawah sampai garis batas b dan waktu yang diperlukan dari garis batas a ke ke garis batas b dicatat menggunakan *stopwatch*. Besarnya viskositas dapat dihitung dengan persamaan *Poiseuille* seperti berikut :

$$\eta = \frac{\pi P r^4 t}{8 V l} \dots\dots\dots (2.1)$$

t adalah waktu yang diperlukan cairan bervolume V , yang mengalir melalui pipa kapiler dengan panjang l dan jari-jari r . Tekanan P merupakan perbedaan tekanan aliran kedua ujung pipa viskometer dan besarnya diasumsikan sebanding dengan berat cairan.

Pengukuran viskositas yang tepat dengan cara diatas sulit dicapai. Hal ini disebabkan harga r dan l sukar ditentukan secara tepat. Kesalahan pengukuran terutama r , sangat besar pengaruhnya karena harga ini dipangkatkan empat. Untuk menghindari kesalahan tersebut dalam praktiknya digunakan cairan pembanding. Cairan yang paling sering digunakan sebagai pembanding adalah air.

Untuk dua cairan yang berbeda dengan pengukuran alat yang sama, diperoleh hubungan :

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{\mu P_1 r^4 t_1}{8 V l} \times \frac{8 V l}{\mu P_2 r^4 t_2} = \frac{P_1 t_1}{P_2 t_2} \dots\dots\dots (2.2)$$

Karena tekanan berbanding lurus dengan rapatannya (ρ), maka berlaku:

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{P_1 t_1}{P_2 t_2} \dots\dots\dots (2.3)$$

Untuk viskositas kinematik dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$v = \frac{\eta}{\rho} \dots\dots\dots (2.4)$$

Jadi, bila η dan ρ cairan pembanding diketahui, maka dengan mengukur waktu yang diperlukan untuk mengalir kedua cairan melalui alat yang sama dapat ditentukan η cairan yang sebelumnya telah dicari besar rapatannya.

Terdapat tabel yang menyatakan hubungan antara properti air terhadap temperatur.

Tabel 2.4 Properti air pada berbagai suhu

Temperatur (°C)	Tekanan (kPa)	Densitas (kg/m ³)	Konduktivitas Thermal (W/m.K)	Viskositas Dinamik (kg/m.s)
5	0,8721	999,9	0,571	1,519 x 10 ⁻³
10	1,2277	999,7	0,580	1,307 x 10 ⁻³
15	1,7051	999,1	0,589	1,138 x 10 ⁻³
20	2,339	998,0	0,598	1,002 x 10 ⁻³
25	3,169	997,0	0,607	0,891 x 10 ⁻³
30	4,246	996,0	0,615	0,798 x 10 ⁻³
35	5,628	994,0	0,623	0,720 x 10 ⁻³
40	7,384	992,1	0,631	0,653 x 10 ⁻³

Sumber : J. V. Sengers and J. T. R Watson, *Journal of Physical and Chemical Reference Data* 15 (1986)

Berdasarkan Tabel 2.4 diatas, temperatur yang digunakan dalam penelitian ini adalah temperatur kamar 25°C. Sehingga nilai viskositas pembanding yang digunakan adalah 0,891 x 10⁻³ kg/m.s.

2.5.2 Nilai Kalor

Nilai kalor rendah (LHV, *Lower Heating Value*) adalah jumlah energi yang dilepaskan dalam proses pembakaran suatu bahan bakar dimana kalor laten dari uap air tidak diperhitungkan atau setelah terbakar temperatur gas pembakaran dibuat 150°C. Pada temperatur ini air berada dalam kondisi fasa uap. Jika jumlah kalor laten uap air diperhitungkan atau setelah terbakar temperatur gas hasil pembakaran dibuat 25°C maka akan diperoleh nilai kalor atas (HHV, *High Heating Value*). Pada temperatur ini air akan berada dalam kondisi fasa cair.

Nilai kalor bahan bakar dapat diketahui dengan menggunakan bom kalorimeter. Bahan bakar yang akan diuji nilai kalornya dibakar menggunakan kumparan kawat yang dialiri arus listrik dalam bilik yang disebut bom dan dibenamkan di dalam air. Bahan bakar yang bereaksi dengan oksigen akan menghasilkan kalor, hal ini menyebabkan suhu kalorimeter naik. Untuk menjaga agar panas yang dihasilkan dari reaksi bahan bakar dengan oksigen tidak menyebar ke lingkungan luar maka kalorimeter dilapisi oleh bahan yang berifat *isolator*. Nilai kalor pada penelitian kali ini didapatkan dengan menggunakan menggunakan ASTM-D-240.

2.5.3 Densitas

Densitas atau massa jenis menunjukkan perbandingan massa persatuan volume, karakteristik ini berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel persatuan volume bahan bakar. Kerapatan suatu fluida (ρ) dapat didefinisikan sebagai massa per satuan volume.

$$\rho = \frac{m}{v}$$

dengan :

ρ = densitas (kg/m³)

m = massa (kg)

v = volume (m³)

Banyak hubungan antara massa jenis dengan sifat penting bahan bakar minyak, yaitu:

1. Pembakaran pada volume tetap;

$$\text{Nilai kalor atas, Btu/lb} = 22\,320 - [3\,780 \times (\text{massa jenis})^2]$$

2. Pembakaran pada tekanan tetap;

$$\text{Nilai kalor bawah, Btu/lb} = 19\,960 - [3\,780 \times (\text{massa jenis})^2] + (1362 \times \text{massa jenis})$$

3. Persen hidrogen, % = $26 - (15 \times \text{massa jenis})$
4. Kalor spesifik, $\text{Btu/lb}^\circ\text{F} = \text{kal/gr}^\circ\text{C}$
5. Kalor laten penguapan, Btu/lb

2.5.4 Titik Nyala atau *Flash Point*

Titik nyala (*flash point*) menurut *American Standart For Testing Material* (ASTM) adalah suhu terendah terkoreksi pada tekanan barometer 101,3 kPa (760 mm Hg), dimana penggunaan nyala uji menyebabkan uap dari sampel menyala pada kondisi tertentu²³. Tinggi atau rendahnya flash point sangat bergantung pada komponen hidrokarbon dalam bahan bakar. Parafin akan lebih mudah terbakar dari pada olefin, olefin lebih mudah terbakar dari pada naften, dan aromatik paling sulit terbakar. Makin tinggi fraksi minyak bumi makin tinggi pula flash pointnya, produk dengan flash point rendah makin mudah menguap sehingga mudah terbakar.

Suhu *flash point* adalah satu ukuran kecenderungan bahan bakar minyak untuk menyala dalam campuran dengan udara pada kondisi laboratorium. *Flash point* ini hanya salah satu sifat dari sejumlah sifat yang lain untuk mengetahui bahaya sifat kemudahan dapat menyala (*flammability*) dari bahan bakar. Titik nyala pengukuran empiris daripada parameter fisika dasar. Nilai diukur akan bervariasi dengan peralatan dan

²³ *American Standart For Testing Material* (ASTM)

variasi tes protokol, termasuk tingkat jalan suhu (dalam pengujian otomatis), waktu yang diizinkan untuk sampel untuk menyeimbangkan, volume sampel dan apakah sampel diaduk. Metode untuk menentukan titik nyala cairan ditentukan dalam banyak standar. Contoh pengujian oleh Pensky-Martens ditutupi dengan metode rinci dalam ASTM D93, IP34, ISO 2719, DIN 51758, JIS K2265 dan AFNOR M07-019.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Pengolahan minyak mentah *Calopyllum Inopyllum* menjadi *Biodiesel* dilaksanakan Laboratorium Kimia, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Adapun waktu penelitiannya mulai April 2016 sampai dengan Desember 2016. Waktu penelitian yaitu pada semester 104 tahun akademik 2016/2017.

3.2 Bahan dan Alat

Pengolahan minyak mentah *calopyllum inopyllum* menjadi *biofuel* dilaksanakan di Laboratorium Otomotif, Gedung M, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, peneliti menggunakan beberapa bahan dan alat yang mendukung dalam pengujian dan analisis antara lain :

3.2.1. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. Minyak Nyamplung mentah produksi dari Bapak Samino dari Cilacap, Jawa Tengah.
2. Metanol
3. Asam fosfat kadar 20%
4. Asam sulfat 98%
5. Serbuk Tebu

3.2.2. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah

a. Gelas kimia

Gelas kimia sebagai tempat proses pengadukan minyak.

b. Gelas ukur (10 ml)

Gelas ukur digunakan untuk mengukur jumlah cairan yang dibutuhkan.

c. Thermometer

Thermometer untuk mengukur suhu larutan biofuel selama proses pengadukan

d. *Hot Plate*

Hot Plate merupakan alat untuk memanaskan *biofuel*.

e. *Magnetic Stirrer*

Magnetic Stirrer digunakan sebagai pengaduk *biofuel*.

f. Corong Pemisah

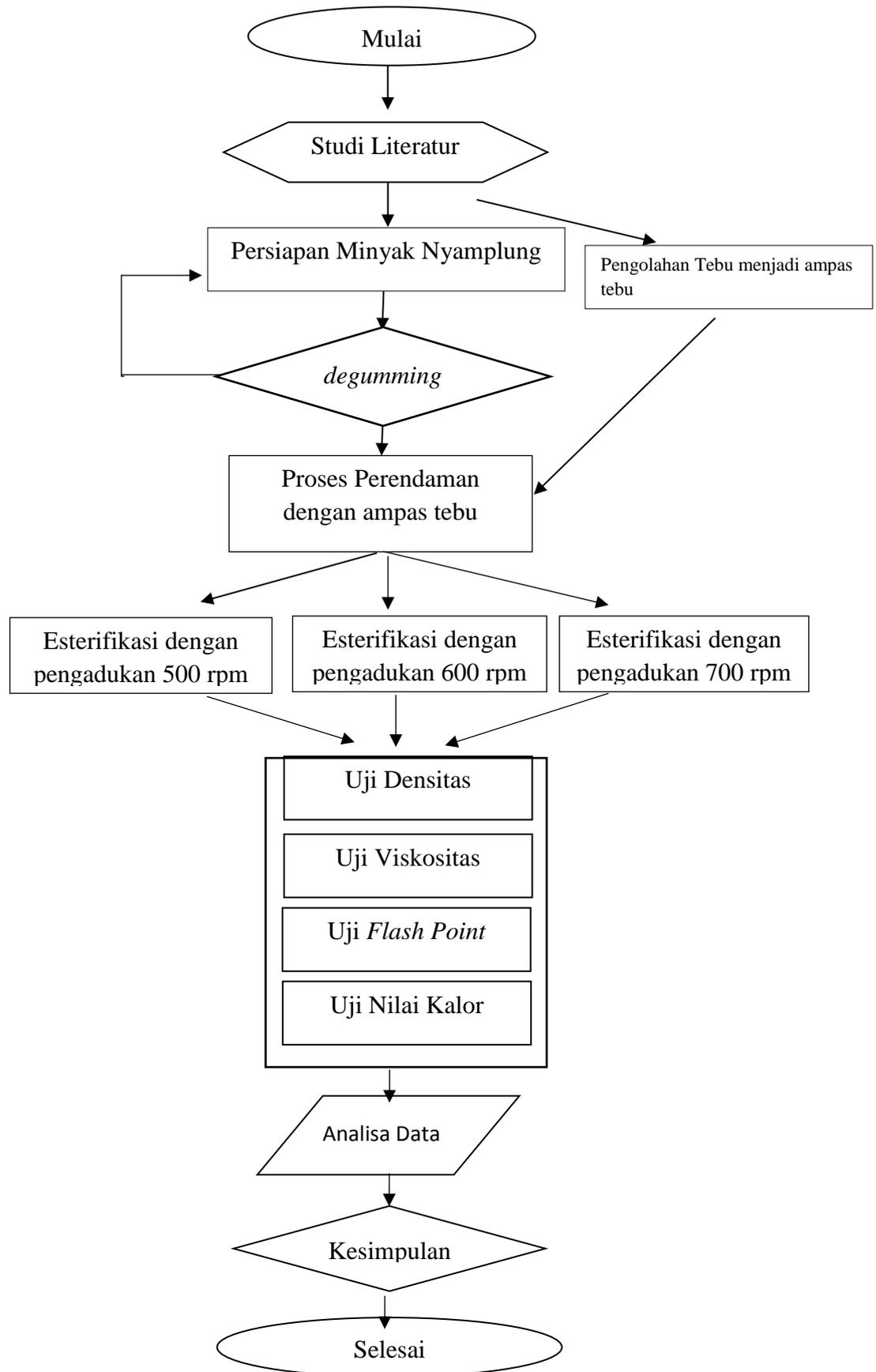
Corong pemisah untuk memisahkan minyak dengan gliserol,

g. Piknometer

Piknometer digunakan untuk menghitung massa jeni

3.3 Diagram Alir

Metode yang digunakan adalah metode penelitian eksperimen yaitu pengujian bahan bakar



Gambar 3. 1 Diagram Alir

3.4 Teknik Pengumpulan Data

3.4.1. Pembuatan Minyak Nyamplung

Proses pembuatan minyak biji nyamplung dilakukan di daerah wilayah Kroya, Cilacap di Koperasi Jarak Lestari milik bapak Samino. Berdasar pengamatan di lapangan, pengepresan dimulai dengan mempersiapkan biji yang sudah dikeringkan untuk dikelupas kulitnya. Hasil kupasan biji berupa kernel kemudian dikeringkan lagi agar kadar air dalam minyak dapat diminimalkan. Kernel kemudian di pres menggunakan mesin screw press untuk mendapatkan minyak biji nyamplung. Volume minyak yang dihasilkan dari pengepresan 25 kg biji nyamplung adalah sekitar 9-10 liter, sehingga diperoleh rata-rata rendemen 70%. Minyak yang keluar dari mesin pres berwarna hitam/gelap karena mengandung kotoran dari kulit dan senyawa kimia seperti alkoloid, fosfatida, karotenoid, khlorofil, dll. Untuk itu, minyak biji nyamplung perlu dilakukan penyaringan untuk memisahkan serat dan kotoran hasil pengepresan.

3.4.2. Preparasi Serbuk Tebu

Tebu yang masih utuh dikupas sampai hilang kulit luarnya. Kemudian dicuci dengan air dan diperas sampai cukup kering lalu dicuci kembali. Setelah itu ampas tebu dijemur sampai kering. Selanjutnya ampas tebu dicincang kecil-kecil dengan tujuan mempermudah proses penggilingan. Ampas tebu digiling dengan mesin giling sehingga lembut dan cukup untuk proses selanjutnya. Proses selanjutnya adalah pengayaan serbuk baggase menjadi butir yang lebih kecil.

3.4.3. Proses *Degumming*

Proses *degumming* adalah proses pemisahan getah pada minyak mentah. Minyak nyamplung mentah disaring terlebih dahulu. Minyak nyamplung yang sudah disaring kemudian dicampur dengan asam fosfat konsentrasi 20% sebesar 0.2% dari total minyak nyamplung²⁴. Setelah itu minyak mentah yang dicampur dengan asam fosfat diaduk dan dipanaskan dengan suhu 50°C selama 15 menit. Setelah minyak sudah berubah warna menjadi coklat maka proses *degumming* sudah selesai.

3.4.4. Proses Perendaman

Minyak nyamplung yang sudah di *degumming* setara dengan kerosin atau minyak tanah. Minyak nyamplung sebanyak 1 liter disaring untuk memisahkan dengan kotoran padat. Proses ini dilakukan untuk memudahkan penyaringan lebih lanjut. Kemudian minyak nyamplung dipanaskan sampai suhu 100 °C untuk menghilangkan kandungan air dalam minyak. Serbuk ampas tebu yang sudah disiapkan telah disiapkan seberat 25 gram serbuk ampas tebu direndamkan masing – masing ke dalam 500 ml minyak nyamplung. Pada proses perendaman ini diberikan perlakuan waktu kontak antara minyak nyamplung dengan serbuk ampas tebu. Waktu terbaik yaitu perendaman selama 2 hari.

3.4.5. Proses Esterifikasi

Tahap sesterifikasi merupakan tahap dalam mengolah minyak nyamplung menjadi biodiesel. Pada proses esterifikasi terdapat beberapa

²⁴ Ika Amalia Kartika, *Pemurnian Minyak Nyamplung dan Aplikasinya sebagai Bahan Bakar* (Bogor: Jurnal Institut Pertanian Bogor 2010)

tahapan yaitu: Pemanasan campuran minyak nyamplung dan larutan lye (campuran asam sulfat dengan metanol)pada 60⁰C. Setelah didapatkan minyak nyamplung yang bersih dan sedikit mengandung air maka proses selanjutnya adalah mencampurkan minyak nyamplung dengan larutan lye. Metanol sebanyak 50 ml dimasukkan sedikit demi sedikit ke dalam minyak nyamplung yang dipanaskan pada suhu 60⁰C sambil di aduk selama 1 jam. Pada proses ini suhu harus dijaga 60⁰C, dan ini adalah fase yang cukup sulit karena penambahan metanol dapat menurunkan suhu secara drastis. Setelah itu masukan 2.5 ml asam sulfat dengan konsentrasi 98%. Pengadukan campuran minyak nyamplung dan larutan selama penambahan larutan lye kedalam minyak nyamplung, campuran tersebut terus diaduk selama kurang lebih 1 jam dan dijaga suhunya pada temperatur 60⁰C. Larutan didiamkan hingga terbentuk biodiesel dan gliserol. Setelah proses pengadukan selesai maka campuran harus didiamkan selama kurang lebih 8 jam hingga terbentuk lapisan yang merupakan produk dari proses esterifikasi

3.4.6. Penentuan Massa Jenis

Pengujian densitas minyak nyamplung penulis lakukan di Laboratorium Kimia yang berada di kampus A UNJ. Pengujian densitas penulis lakukan dengan menggunakan alat piknometer 10 ml. Prosedur pengujian densitas minyak nyamplung yang penulis lakukan dengan cara:

1. Menimbang berat botol kosong piknometer
2. Menimbang piknometer yang diisi dengan aquades
3. Menghitung densitas aquades
4. Menimbang piknometer yang diisi dengan minyak nyamplung

5. Menghitung densitas minyak nyamplung.

Rumus yang digunakan untuk menghitung densitas adalah

$$\rho_a = \frac{M_x - M_0}{V_p}$$

dengan:

V_p = volume piknometer yang digunakan (mL)

M_x = massa piknometer + minyak (gram)

M_0 = massa piknometer kosong (gram)

ρ_a = massa jenis minyak pada suhu ruangan

Sebelum menghitung densitas minyak nyamplung terlebih dahulu menghitung densitas aquades. Densitas aquades diperlukan sebagai kalibrasi nilai densitas minyak nyamplung, apabila nilai densitas minyak telah dihitung kemudian harus dibagi dengan nilai densitas aquades.

3.4.7. Penentuan Viskositas

Penentuan viskositas menggunakan viskometer ostwald. Viskometer Ostwald yaitu dengan cara mengukur waktu yang dibutuhkan bagi cairan dalam melewati 2 tanda ketika mengalir karena gravitasi melalui viskometer Ostwald. Untuk mengkalibrasi viskometer Ostwald adalah dengan air yang sudah diketahui tingkat viskositasnya.

Cara penggunaannya adalah :

1. Pergunakan viskometer yang sudah bersih.
2. Pipetkan cairan ke dalam viskometer dengan menggunakan pipet.
3. Lalu hisap cairan dengan menggunakan pushball sampai melewati 2 batas.
4. Siapkan stopwatch , kendurkan cairan sampai batas pertama lalu mulai penghitungan.

5. Catat hasil, dan lakukan penghitungan dengan rumus.
6. Usahakan saat melakukan penghitungan kita menggenggam di lengan yang tidak berisi cairan.

1 viskositas dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\eta_1 = \frac{\eta_2 \cdot \rho_1 t_1}{\rho_2 t_2}$$

Keterangan :

η_1 = viskositas biodiesel (cSt atau $\text{g cm}^{-1}\text{s}^{-1}$)

η_2 = viskositas cairan pembanding yaitu air (cSt atau $\text{g cm}^{-1}\text{s}^{-1}$)

ρ_1 = massa jenis biodiesel (kg/m^3)

t_1 = waktu alir biodiesel melalui kapiler (detik)

t_2 = waktu alir air melalui kapiler (detik)

3.4.8. Penentuan Titik Nyala

Sampel dimasukkan dalam wadah alat Pensky-Martens *closed up*. Kemudian alat dihubungkan dengan pompa dan tangki bensin, ujung penyalu dinyalakan, termometer dipasang serta pemanas dan pengaduk dijalankan. Setiap kenaikan temperatur 5°F, pengaduk dimatikan dan ujung nyala ditundukkan kepermukaan sampel untuk mengecek nyala. Temperatur pertama kali munculnya nyala dicatat sebagai titik nyala. Ulangi langkah ini untuk biodiesel yang lain

3.4.9. Penentuan Kalor Pembakaran

Pengujian nilai kalor yang penulis lakukan menggunakan metode: ASTM D-240. Peralatan yang dibutuhkan dalam pengujian nilai kalor adalah:

- a. *Combustion Bomb*

- b. *Calorimeter vessel*
- c. Termometer
- d. Penahan wadah sampel

Cara pengujian dengan *bomb calorimeter* adalah sebagai berikut, mula-mula nyalakan alat *bomb calorimeter* dan setting alat sesuai ketentuan. Kemudian timbang sampel kedalam cawan *quartz* sebanyak ± 1 gram, setelah itu masukan cawan yang telah berisi sampel kedalam alat *vesel* kemudian pasangkan *vesel* ke alat *bomb calorimeter* dan nyalakan alat bom tersebut. Maka *vesel* akan masuk kedalam alat bom dan mulai melakukan pengerjaannya, tunggu alat bom bekerja selama $\pm 20-30$ menit. Setelah selesai maka hasil akan ditunjukkan di layar informasi yang ada pada alat *bomb calorimeter*. Penentuan nilai kalor yang diperoleh berdasarkan persamaan sesuai metode ASTM D-240 yang didapat sebagai sumber referensi dari lab Balai Pengujian Mutu Barang sebagai berikut:

$$Q_{vad} = \frac{(tEe) - e_1 - e_2 - e_3 - e_4}{m}$$

Keterangan:

Q_{vad}	= Nilai kalor (J/g)
Ee	= Suhu panas dari alat bom (J/°C)
T	= Suhu ketika dinaikkan ($\pm 10.7^\circ\text{C}$)
e_1	= Nilai asam (J)
e_2	= Nilai campuran ketika proses Bom (J)
e_3	= Nilai Sulfur (J)
e_4	= Nilai bantuan proses pembakaran (J)
m	= Berat massa sampel (gram)

3.5 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang ada di dalam penelitian penulis ada dua, yaitu variabel bebas dan variabel terikat.

3.5.1 Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah kecepatan pengadukan selama proses esterfikasi yaitu 500 rpm, 600 rpm dan 700 rpm

3.5.2 Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah:

1. Densitas Minyak Nyamplung.
2. Viskositas Minyak Nyamplung.
3. *Flash Point* Minyak Nyamplung.
4. Nilai Kalor Minyak Nyamplung.

3.6 Metode Pengumpulan dan Analisa Data

Tahap analisa sampel dilakukan untuk mengetahui bahwa biodisel yang telah dibuat sudah mendekati/memenuhi Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi No.28.K/10/DJM.T/2016 tentang standar biodiesel. Pengumpulan data mengenai karakteristik biodisel minyak nyamplung dilakukan di Lab Kimia UNJ dan BPMB Jakarta.

BAB IV

HASIL PENELITIAN

4.1 Deskripsi Hasil Penelitian

Pada bab ini dipaparkan tentang hasil penelitian tentang produk hasil pengolahan minyak nyamplung mentah dengan metode esterifikasi dengan *pre treatment* perendaman dengan ampas tebu. Produk yang dihasilkan memiliki karakteristik tersendiri dengan variasi kecepatan pengadukan yaitu 500 rpm, 600 rpm dan 700 rpm.

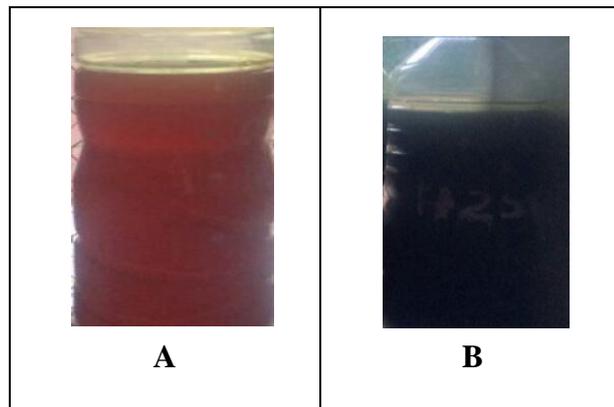
Minyak nyamplung yang digunakan didapatkan dari Cilacap Jawa Tengah milik Samino. Minyak nyamplung olahan pak Samino diambil dari biji nyamplung yang dijemur hingga kering kemudian *dipress* dengan menggunakan mesin hidrolik. Produk hasil dari pengepresan tersebut adalah minyak yang masih mentah memiliki warna hitam kehijauan. Minyak mentah ini memiliki kandungan air, getah dan gliserol.

Minyak mentah dengan memiliki kandungan air, getah dan gliserol tidak dapat langsung diaplikasikan perlu diberikan perlakuan-perlakuan agar kandungan air, getah dan gliserol hilang.

Minyak mentah di berikan perlakuan *degumming*. Pada proses *degumming* bertujuan untuk menghilangkan air dan getah. Penulis ingin membandingkan hasil *degumming* dengan asam sulfat dan asam fosfat. Minyak diberikan asam fosfat 20% dan asam sulfat untuk menghilangkan getah yang terdapat pada minyak. Pada proses *degumming* penulis menggunakan beberapa suhu yang yaitu 55°C, 60°C, dan 70°C.

Pada proses *degumming* dengan menggunakan asam sulfat, minyak nyamplung mengalami perubahan dari hijau kehitaman menjadi hitam kecoklatan dengan bau yang sangat tajam serta terdapat kotoran dan gliserol yang cukup banyak.

Pada proses *degumming* dengan menggunakan asam fosfat minyak nyamplung berubah warna dari hitam kehijauan menjadi kecoklatan. Minyak yang dihasilkan lebih baik daripada dengan menggunakan asam sulfat karena kotoran dan gliserol lebih sedikit selain itu warnanya lebih baik dari *degumming* hasil asam sulfat. Hasil terbaik dari proses *degumming* adalah menggunakan asam fosfat dengan suhu 60°C. Hal itu sama dengan penelitian dari Ika Amalia Kartika²⁵



Gambar 4. 1 Minyak nyamplung Hasil degumming (a) dengan asam fosfat, (b) dengan asam sulfat

Pada gambar diatas merupakan hasil *degumming*. Pada gambar 4.2a merupakan hasil *degumming* hasil dengan asam fosfat. Pada gambar 4.2b merupakan hasil *degumming* dengan asam sulfat. Menurut penelitian Farid Widi Arfika dkk dari proses perendaman dengan ampas tebu dilakukan

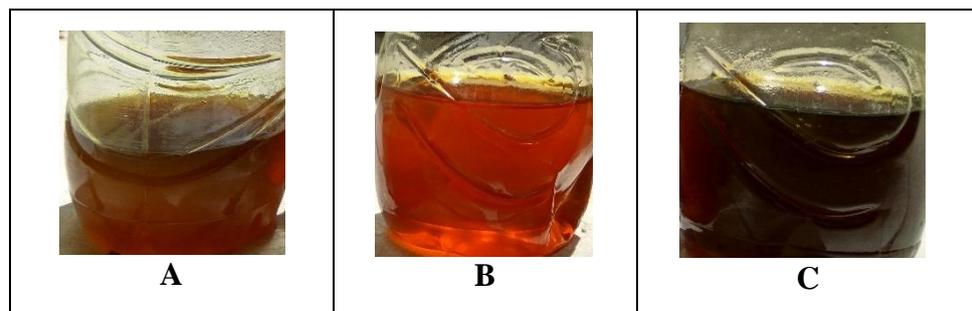
²⁵ Ika Amalia Kartika, *Pemurnian Minyak Nyamplung dan Aplikasinya sebagai Bahan Bakar Nabati*, (Bogor: Jurnal IPB)

selama dua hari²⁶. Minyak yang sudah direndam dengan ampas tebu sedikit lebih bening dari sebelumnya. Setelah minyak direndam, minyak nyamplung kemudian memasuki proses esterfikasi dengan variasi 500rpm, 600rpm dan 700rpm



Gambar 4. 2 Proses Esterfikasi

Dalam proses esterfikasi menggunakan metanol sebesar 10% dan asam sulfat sebanyak 0,5%.



Gambar 4. 3 Minyak Nyamplung hasil esterfikasi (a) 500 rpm, (b) 600 rpm dan (c) 700 rpm

²⁶ Farid Widi Arfika dkk, *Pengaruh Waktu Perendaman Ampas Tebu Sebagai Biomaterial Adsorbent Pada Proses Pretreatment terhadap Karakteristik Biodiesel*. (Surabaya: Jurnal ITS)

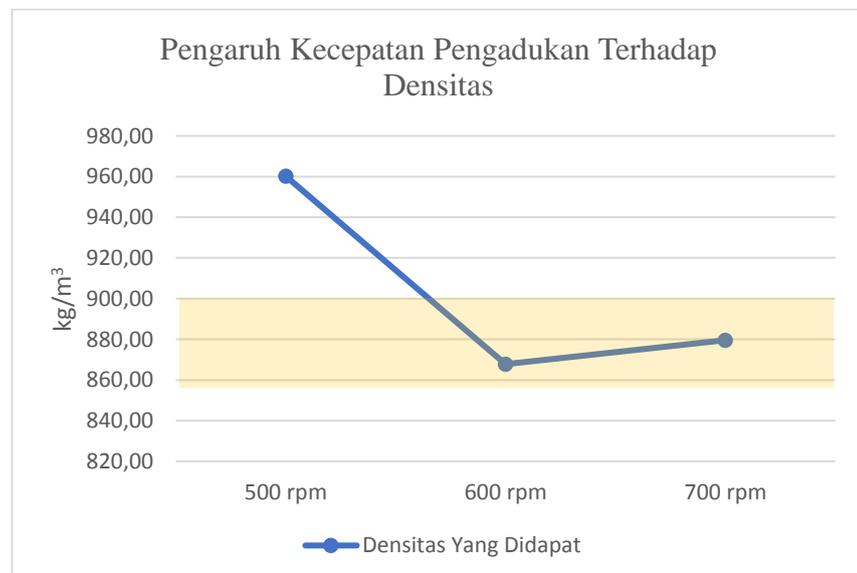
4.2 Analisis Data Penelitian

Produk hasil dari pengolahan minyak nyamplung mentah yang telah penulis olah kemudian dianalisis untuk mengetahui karakteristiknya. Jenis karakteristik yang penulis teliti adalah densitas, viskositas, *flash point*, dan nilai kalor minyak nyamplung. Data yang didapatkan dari hasil pengujian kemudian akan dibandingkan dengan parameter utama penentuan kualitas biodiesel menurut Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi No.28.K/10/DJM.T/2016.

4.2.1 Densitas

Densitas merupakan salah satu aspek keberhasilan reaksi esterifikasi. Masa jenis menunjukkan perbandingan berat per satuan volume.

Pengukuran hasil pengukuran produk dari minyak nyamplung ditampilkan dalam bentuk gambar grafik 4.6 .



Gambar 4. 4 Grafik Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap Densitas

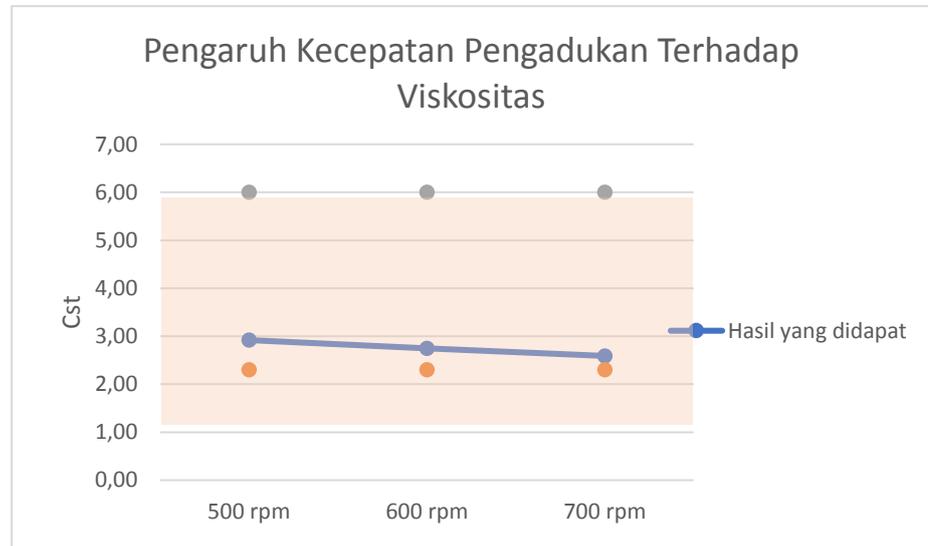
Grafik diatas menunjukkan pada Pengadukanan 500 rpm densitas minyak tidak sesuai dengan SNI yaitu $960,16 \text{ kg/m}^3$. Pada Pengadukanan 600 rpm densitas menurun yaitu $867,87 \text{ kg/m}^3$. Pada Pengadukanan 700 rpm, densitas meningkat menjadi $879,64 \text{ kg/m}^3$.

Meningkatnya kecepatan pengadukan dapat mengakibatkan jumlah tumbukan efektif untuk menghasilkan biodiesel. Kecepatan pengadukan terbaik pada reaksi 600 rpm dan 700 rpm. Peningkatan kecepatan pengadukan hingga 600 rpm akan meningkatkan biodiesel. Tetapi pada kecepatan 700 rpm justru menurunkan biodiesel. Hal ini terjadi pada kecepatan 600 rpm, asam sulfat dapat bereaksi semuanya. Sedangkan pada 700 rpm asam sulfat bereaksi kembali namun karena ini reaksi *reversible* yang memungkinkan kembali ke reaktan. Asam sulfat yang tadinya bereaksi semua kembali menjadi asam sulfat. Naik turunnya grafik biodiesel diatas juga disebabkan reaksi penyabunan dari minyak mengikat pada proses pencucian gelas ukur dengan menggunakan basa kuat.

4.2.2 Viskositas

Parameter penting dalam uji kualitas biofuel adalah viskositas. Viskositas memiliki keterkaitan dengan kemampuan bahan bakar untuk menuju ke ruang bakar. Viskositas atau kekentalan bahan bakar erat kaitannya dengan kemampuan bahan bakar untuk mengalir menuju ke ruang bakar. Bahan bakar yang mempunyai viskositas rendah menunjukkan bahwa bahan bakar tersebut akan mudah mengalir di dalam mesin dan begitu pula sebaliknya Bahan bakar dengan viskositas rendah mudah

mengalir dan begitu pula sebaliknya. Hasil pengujian viskositas bisa dilihat grafik 4.7



Gambar 4. 5 Grafik Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap Viskositas

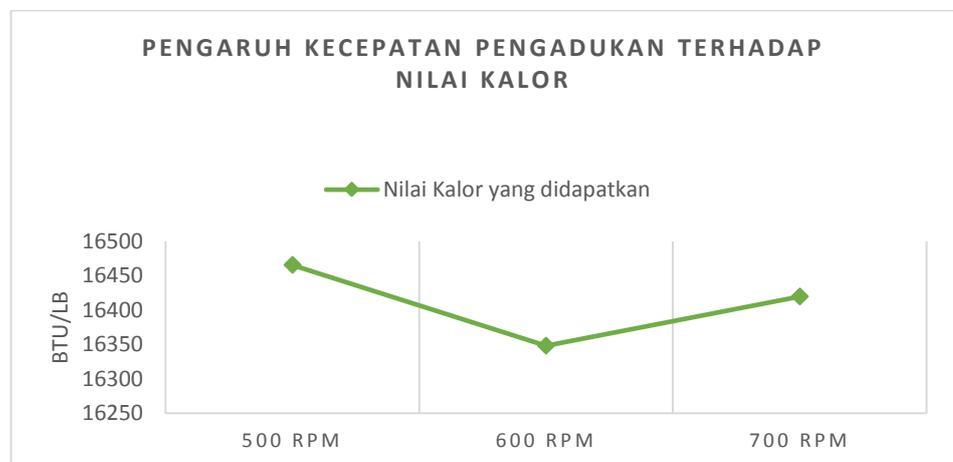
Berdasarkan data hasil diatas viskositas tertinggi berada pada sampel 500 rpm yaitu 2,92 Cst, kemudian pada sampel 600 rpm yaitu 2,74 Cst dan densitas terendah yaitu pada sampel 700 rpm yaitu 2,54 Cst.

Hasil dari esterifikasi diatas menunjukkan bahwa pada waktu yang sama, biodiesel akan lebih encer pada suhu 40°C , karena semakin banyak minyak nyamplung yang bereaksi dengan metanol. Pada proses pengadukan yang rendah menyebabkan banyak trigliserida yang belum terkonversi menjadi metil ester sehingga viskositas menjadi kental. Namun semakin besar kecepatan pengadukan maka trigliserida akan bereaksi sehingga menjadi metil eter yang lebih encer

4.2.3 Nilai Kalor

Nilai kalor adalah besarnya panas yang diperoleh dari pembakaran suatu jumlah tertentu bahan bakar. Semakin tinggi berat jenis bahan bakar, maka semakin tinggi nilai kalor yang diperolehnya. Pengujian kandungan nilai kalor pada minyak nyamplung sangat penting untuk menentukan kualitas bahan bakar itu sendiri, semakin tinggi kandungan nilai kalor yang terdapat pada suatu bahan bakar maka semakin baik pula mutu bahan bakar.

Pengujian kandungan nilai kalor pada *bio-oil* sangat penting untuk menentukan kualitas bahan bakar itu sendiri, semakin tinggi kandungan nilai kalor yang terdapat pada suatu bahan bakar maka semakin baik pula mutu bahan bakar tersebut, begitu pula sebaliknya. Hasil pengujian nilai kalor *bio-oil* dari penelitian ini dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini.



Gambar 4. 6 Grafik pengaruh kecepatan Pengadukan terhadap nilai kalor

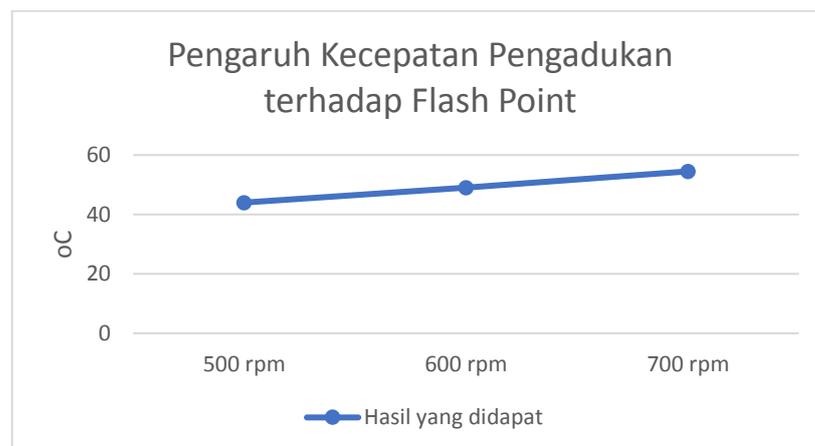
Pada grafik 4.8 disimpulkan bahwa nilai kalor tertinggi terdapat pada Pengadukanan ke 500 rpm yaitu 16465,48 BTU/lb. Pada Pengadukanan 600 rpm nilai kalor menurun menjadi 16348, 12 BTU/lb.

Pada Pengadukanan 700 rpm terjadi peningkatan namun tidak sebesar pada sample 500 rpm yaitu sebesar 16419,71 BTU/lb.

Nilai kalor ditentukan oleh massa jenis atau densitas. Menurut Koesoemadinata, semakin tinggi massa jenis atau densitas suatu benda maka semakin tinggi pula nilai kalor dihasilkan. Massa jenis yang ringan akan menyebabkan minyak dapat mudah menguap dan menimbulkan panas. Massa jenis yang lebih berat akan menyebabkan minyak akan sulit menguap dan menghasilkan panas.

4.2.4 *Flash Point*

Pengujian *flash point* adalah pengujian biodisel yang bertujuan untuk menentukan suhu terendah dari bahan bakar dimana akan timbul penyalaan api sesaat apabila pada permukaan minyak tersebut didekatkan pada nyala api. Nilai *flash point* minimal yang diizinkan menurut Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi No.28.K/10/DJM.T/2016 berada di suhu 52°C. Hasil pengujian titik nyala atau *flash point* untuk masing-masing biodiesel ditunjukkan sebagai berikut.



Gambar 4. 7 Grafik pengaruh kecepatan Pengadukan terhadap *flash point*

Nilai titik nyala atau *flash point* yang paling mudah dibakar ditunjukkan pada sampel 500 rpm yaitu 44°C, nilai yang rendah untuk ukuran biodiesel. Sampel 600 rpm sebesar 49 °C hal ini mendekati standar biodiesel yaitu 52°C. Nilai *flash point* yang rendah berdampak buruk pada kinerja mesin seperti *knocking*. Kemudian sampel 700rpm memiliki *flash point* sebesar 54.5 °C.

Nilai *flash point* dipengaruhi oleh panjang pendeknya rantai hidrokarbon. Penulis menganalisis bahwa peningkatan kecepatan pengadukan menyebabkan tumbukan semakin besar sehingga menyebabkan hidrokarbon yang dimiliki oleh minyak nyamplung semakin terputus sehingga rantai hidrokarbon semakin pendek. Semakin pendek hidrokarbon maka *flash point* akan semakin besar.

4.3 Pembahasan

Dari semua hasil pengujian yang telah dilakukan selanjutnya hasil pengujian tersebut dibandingkan dengan parameter utama penentuan kualitas biodiesel menurut Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi No.28.K/10/DJM.T/2016. Adapun perbandingannya dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1 Perbandingan Karakteristik Biodiesel dengan *Biofuel*

Nyamplung

Parameter Biodiesel	`Standar Biodiesel	<i>Biofuel</i> hasil Esterfikasi		
		M500	M600	M700
Densitas (Kg/m ³)	850-890	960,186	867,782	879,64
Viskositas (Cst)	2,3 – 6,0	2,92	2,74	2,59
<i>Flash Point</i> °C	51 °C	44	49	54,5

Nilai Kalor BTU/lb		16465,48	16348, 12	16419,71
-----------------------	--	----------	-----------	----------

Dari tabel diatas dijelaskan bahwa pengaruh kecepatan pengadukan membarikan hasil terbaik pada kecepatan pengadukan 700 rpm.

4.4 Aplikasi Hasil Penelitian

Dalam pengaplikasian minyak nyamplung yang dihasilkan dari penelitian yang penulis lakukan, berdasarkan hasil data yang didapat bila dibandingkan dengan Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi No.28.K/10/DJM.T/2016 pada aspek data hasil uji meliputi pengujian densitas, viskositas, nilai kalor dan *flash point* bahwa *biofuel* hanya sampel 700 rpm yang mencapai standar. Sehingga dapat digunakan sebagai campuran solar. Hal itu dikarenakan penggunaan biodiesel di Indonesia masih merupakan campuran antara biodisel dengan solar yang biasa disebut dengan biosolar

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah penulis melakukan penelitian mengenai proses esterifikasi minyak nyamplung, terdapat beberapa hal yang dapat penulis simpulkan berdasarkan tujuan penelitian, yaitu:

1. Proses pembuatan biodisel yang penulis lakukan berhasil mempersingkat proses pembuatan biodisel karena pada umumnya proses pembuatan biodisel melalui proses degumming, esterifikasi, dan transesterifikasi, tetapi penulis hanya melakukan proses *degumming* dan esterifikasi yang disertai dengan preparasi dengan ampas tebu.
2. Pada proses pembuatan biodiesel dengan esterifikasi proses pengadukan mendapat pada hasil terbaik yaitu pada pengadukan 700 rpm.

5.2 Saran

Dalam penelitian ini masih terdapat beberapa kekurangan, maka daripada itu, berikut adalah beberapa saran untuk penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Penulis menyadari bahwa tidak dapat menguji karakteristik seperti pengujian FFA karena keterbatasan biaya.
2. Perlunya variasi suhu dan waktu agar dapat lebih jelas dalam menentukan metode esterifikasi yang tepat dalam pembuatan biodiesel.
3. Minyak nyamplung hasil esterifikasi bewarna coklat, maka dari itu perlu adanya proses *bleaching* agar hasil minyak lebih bagus.

4. Perlu diadakannya pengujian struktur karbon agar dapat terlihat jelas hasil dari biodiesel minyak nyamplung mengingat grafik yang dihasilkan kurang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Asbahani.** 2013. [Jurnal]. *Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu Sebagai Karbon Aktif Untuk Menurunkan Kadar Besi Pada Air Sumur Volume 13 Nomor 1.* (Pontianak : Teknik Sipil Untan), Hal. 108.
- Baktiar, Andik.** [Jurnal] *Perbaikan Kualitas Biodiesel Biji Karet Melalui Proses Degumming Menggunakan Asam Phospat Metode Non-Katalis Superheated Methanol Tekanan Atmosfir.* Surakarta : Jurusan Teknik Mesin – UNS
- Christina, natalia, Edwin Sungadi, dkk.** 2011. [Jurnal]. *Pembuatan Biodiesel dari Minyak Nyamplung dengan Menggunakan Katalis Berbasis Kalsium.* (Surabaya : Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala)
- Kartika, Ika Amalia.** 2010. [Jurnal]. *Pemurnian Minyak Nyamplung dan Aplikasinya sebagai Bahan Bakar* (Bogor: Institut Pertanian Bogor 2010)
- Pei-jing Shui et al,** 2013, *Biodiesel production from rice bran by a two step in situ process, Bioresource technology*
- S, Bustomi,** dkk. 2008. *Nyamplung (Calophyllum inophyllum L.) Sumber Energi Biofuel yang Potensial.* (Jakarta: Badan Litbang Kehutanan)
- Soerawidjaja, H. Tatang.** 2001. *Menjadikan Biodiesel sebagai bagian dari liquid fuel mix di Indonesia.* (Bandung :Pusat Penelitian Material dan Energi Institut Teknologi Bandung).
- Purbasari, Aprilina dan Silviana.** 2008. [Jurnal] *Kajian awal pembuatan biodiesel dari minyak dedak dengan proses esterifikasi.* (Semarang: Teknik Kimia Undip).
- Yazid, Estein.** 2015. *Kimia Fisika untuk Mahasiswa Kesehatan.* (Yogyakarta : Pustaka Pelajar).

LAMPIRAN**Lampiran 1 Foto-foto Dokumentasi****Minyak nyamplung mentah****Metanol****Serbuk Tebu****Gelas Kimia****Gelas Ukur*****Hot Plate***



Magnetic Stirrer



Termometer



Piknometer



**Proses pemisahan kotoran biodiesel
dengan Corong Pemisah**



Proses Menghitung Densitas



Proses Menentukan Viskositas

Lampiran 2 Perhitungan Densitas Minyak Nyamplung

Pengukuran		Massa Minyak Nyamplung dalam pikno 10 ml (gr)	Massa Piknometer	Massa Minyak (gr)	Densitas (gr/cm ³)	Densitas (kg/m ³)	Densitas Rata-rata (kg/m ³)
500rpm	1	23,2249	13,6154	9,610	0,96095	960,95	960,186
	2	23,2245	13,6154	9,609	0,96091	960,91	
	3	23,2098	13,6154	9,594	0,95944	959,44	
	4	23,2132	13,6154	9,598	0,95978	959,78	
	5	23,2139	13,6154	9,599	0,95985	959,85	
600rpm	1	22,2922	13,6154	8,677	0,86768	867,68	867,872
	2	22,3002	13,6154	8,685	0,86848	868,48	
	3	22,3151	13,6154	8,700	0,86997	869,97	
	4	22,2872	13,6154	8,672	0,86718	867,18	
	5	22,2759	13,6154	8,661	0,86605	866,05	
700rpm	1	22,4321	13,6154	8,817	0,88167	881,67	879,64
	2	22,4031	13,6154	8,788	0,87877	878,77	
	3	22,4271	13,6154	8,812	0,88117	881,17	
	4	22,3853	13,6154	8,770	0,87699	876,99	
	5	22,4114	13,6154	8,796	0,8796	879,60	

1. Densitas minyak nyamplung dengan kecepatan putar 500 rpm (M500)

$\rho_1 = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$ (gr/ml)	$\rho_2 = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$ (gr/ml)	$\rho_3 = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$ (gr/ml)	$\rho_4 = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$ (gr/ml)	$\rho_5 = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$ (gr/ml)
$= \frac{9,610}{10}$	$= \frac{9,609}{10}$	$= \frac{9,594}{10}$	$= \frac{9,598}{10}$	$= \frac{9,599}{10}$
$\rho_1 = 0,9610$	$\rho_2 = 0,96095$	$\rho_3 = 0,9594$	$\rho_4 = 0,9598$	$\rho_5 = 0,9599$

Densitas rata – rata untuk produk minyak nyamplung M500 adalah:

$$\frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3 + \rho_4 + \rho_5}{5}$$

$$= \frac{0,9610 + 0,96095 + 0,9594 + 0,9598 + 0,9599}{5}$$

$$= 0,960186 \text{ gr/ml} = 960,186 \text{ kg/m}^3$$

2. Densitas minyak nyamplung dengan kecepatan pengadukan 600 rpm
(M600)

$\rho_1 = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$ (gr/ml)	$\rho_2 = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$ (gr/ml)	$\rho_3 = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$ (gr/ml)	$\rho_4 = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$ (gr/ml)	$\rho_5 = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$ (gr/ml)
$= \frac{8,677}{10}$	$= \frac{8,685}{10}$	$= \frac{8,700}{10}$	$= \frac{8,672}{10}$	$= \frac{8,661}{10}$
$\rho_1 = 0,8677$	$\rho_2 = 0,8685$	$\rho_3 = 0,87$	$\rho_4 = 0,8672$	$\rho_5 = 0,8661$

Densitas rata – rata untuk produk minyak nyamplung N2 adalah:

$$\frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3 + \rho_4 + \rho_5}{5}$$

$$= \frac{0,8677 + 0,8685 + 0,87 + 0,8672 + 0,8661}{5}$$

$$= 0,867872 \text{ gr/ml} = 867,872 \text{ kg/m}^3$$

3. Densitas minyak nyamplung dengan kecepatan putar 700 rpm
(M700)

$\rho_1 = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$ (gr/ml)	$\rho_2 = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$ (gr/ml)	$\rho_3 = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$ (gr/ml)	$\rho_4 = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$ (gr/ml)	$\rho_5 = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$ (gr/ml)
$= \frac{8,817}{10}$	$= \frac{8,788}{10}$	$= \frac{8,812}{10}$	$= \frac{8,770}{10}$	$= \frac{8,796}{10}$
$\rho_1 = 0,8817$	$\rho_2 = 0,8788$	$\rho_3 = 0,812$	$\rho_4 = 0,8770$	$\rho_5 = 0,8796$

Densitas rata – rata untuk produk minyak nyamplung N1 adalah:

$$\frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3 + \rho_4 + \rho_5}{5}$$

$$= \frac{0,8817 + 0,8788 + 0,812 + 0,8770 + 0,8796}{5}$$

$$= 0,87964 \text{ gr/ml} = 879,64 \text{ kg/m}^3$$

Lampiran 3 Perhitungan Viskositas Bio-oil

a. Viskositas Minyak Nyamplung dengan kecepatan pengadukan 500 rpm

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{\rho_1 t_1}{\rho_2 t_2}$$

SAMPLE	η_2 (Viskositas Dinamis Air) (mPa.s)	ρ_2 (massa jenis air) gram/m^3	t_2 (s)	ρ_1 massa jenis minyak gram/m^3	t_1 (s)	$\eta_1 = \frac{\eta_2 \cdot t_2 \cdot \rho_1 \cdot t_1}{\rho_2 \cdot t_1}$ (mPa.s)	$(v = \frac{\eta_1}{\rho_1})$ (viskositas dinamis)
M500	0,891	0,9922	126	0,960186	410	2,805738	2,922078
	0,891	0,9922	126	0,960186	411	2,812582	2,929205
	0,891	0,9922	126	0,960186	408	2,792052	2,907824
	0,891	0,9922	126	0,960186	409	2,798895	2,914951
	0,891	0,9922	126	0,960186	412	2,819425	2,936332
	RATA-RATA VISKOSITAS KINEMATIK						

b. Viskositas Minyak Nyamplung dengan kecepatan pengadukan 600 rpm

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{\rho_1 t_1}{\rho_2 t_2}$$

SAMPLE	η_2 (Viskositas Dinamis Air) (mPa.s)	ρ_2 (massa jenis air) gram/m^3	t_2 (s)	ρ_1 massa jenis minyak gram/m^3	t_1 (s)	$\eta_1 = \frac{\eta_2 \cdot t_2 \cdot \rho_1 \cdot t_1}{\rho_2 \cdot t_1}$ (mPa.s)	$(v = \frac{\eta_1}{\rho_1})$ (viskositas dinamis) ($\text{mm/s}^2 = cSt$)
M600	0,891	0,9922	126	0,86334	383	2,356606	2,729648
	0,891	0,9922	126	0,86334	385	2,368912	2,743902
	0,891	0,9922	126	0,86334	388	2,387371	2,765283
	0,891	0,9922	126	0,86334	386	2,375065	2,751029
	0,891	0,9922	126	0,86334	384	2,362759	2,736775
	RATA-RATA VISKOSITAS KINEMATIK						

c. Viskositas Minyak Nyamplung dengan kecepatan pengadukan 700 rpm

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{\rho_1 t_1}{\rho_2 t_2}$$

SAMPLE	η_2 (Viskositas Dinamis Air) (mPa.s)	ρ_2 (massa jenis air) gram/m ³	t_2 (s)	ρ_1 (massa jenis minyak) gram/m ³	t_1 (s)	$\eta_1 = \frac{\eta_2 \cdot t_2 \cdot \rho_1 \cdot t_1}{\rho_2 \cdot t_1}$ (mPa.s)	$(\nu = \frac{\eta_1}{\rho_1})$ (viskositas dinamis) (mm/s ² =cSt)
M700	0,891	0,9922	126	0,83001	360	2,129578	2,565727
	0,891	0,9922	126	0,83001	365	2,159155	2,601362
	0,891	0,9922	126	0,83001	367	2,170986	2,615616
	0,891	0,9922	126	0,83001	364	2,15324	2,594235
	0,891	0,9922	126	0,83001	363	2,147324	2,587108
RATA-RATA VISKOSITAS KINEMATIK							2,59

Lampiran 4 Nilai Kalor dan Flash Point

Lampiran Attachment 1 : Laporan Hasil Pengujian Test Report

No. Seri : 0400

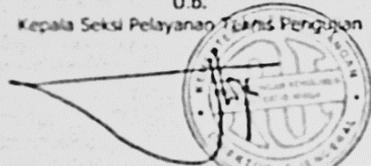
BALAI PENGUJIAN MUTU BARANG
Laboratory for Quality Testing of Goods

No.	Karakteristik Characteristics	Satuan Unit	Hasil Pengujian Test Report	Metode Pengujian Test Methods
1	Nilai Kalori	BTU / lb	16465,48	ASTM D-240
2	Titik Nyala	°C	44	ASTM D-93

DK2353, 4224

Jakarta, 28 Desember 2016

Mengetahui,
Kepala Balai Pengujian Mutu Barang
U.b.
Kepala Seksi Pelayanan Teknis Pengujian



Wiedyanto Andri Kusumto, S.Pi, M.SE

Manajer Teknis
Laboratorium Non Pangan



Sumanto G.I. Manullang, S.SIT, M.SE

* Hasil pengujian ini didasarkan hanya berdasarkan contoh uji yang terkandung dalam laporan ini. Laporan ini dilarang dipertanyakan kecuali atas persetujuan tertulis dari BPMB.
This above findings are based on sample tested only. This report shall not be reproduced, without the written approval from BPMB

Hal. 2 dari 2

Lampiran 5 Nilai Kalor dan Flash Point

Lampiran
Attachment 1 : Laporan Hasil Pengujian
Test Report

No. Seri : 0401

BALAI PENGUJIAN MUTU BARANG
Laboratory for Quality Testing of Goods

No.	Karakteristik <i>Characteristics</i>	Satuan <i>Unit</i>	Hasil Pengujian <i>Test Report</i>	Metode Pengujian <i>Test Methods</i>
1	Nilai Kalori	BTU / lb	16348,12	ASTM D-240
2	Titik Nyala	°C	49	ASTM D-93

tk2353/4225

Jakarta, 28 Desember 2016

Mengetahui,
Kepala Balai Pengujian Mutu Barang
U.b.
Kepala Seksi Pelayanan Teknis Pengujian


Wedyanto Andri Kusumo, S.Pi, M.SEManajer Teknis
Laboratorium Non Pangan

Sumanto G.I. Manullang, S.SiT, M.SE

* Hasil pengujian di atas hanya berdasarkan contoh uji yang bersangkutan. Laporan ini dilarang diperbanyak kecuali atas persetujuan tertulis dari BPMB
This above findings are based on sample tested only. This report shall not be reproduced, without the written approval from BPMB

Hal. 2 dari 2

Lampiran 1 : Laporan Hasil Pengujian
Attachment Test Report

No. Seri : 0402

BALAI PENGUJIAN MUTU BARANG
Laboratory for Quality Testing of Goods

No.	Karakteristik <i>Characteristics</i>	Satuan <i>Unit</i>	Hasil Pengujian <i>Test Report</i>	Metode Pengujian <i>Test Methods</i>
1	Nilai Kalori	BTU / lb	16419,71	ASTM D-240
2	Titik Nyala	°C	54,5	ASTM D-93

tk2353/4226

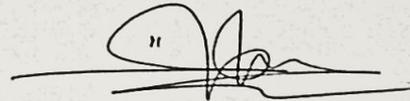
Jakarta, 28 Desember 2016

Mengetahui,
Kepala Balai Pengujian Mutu Barang
U.b.
Kepala Seksi Pelayanan Teknis Pengujian




Wiedyanto Andri Kusumo, S.Pi, M.SE

Manajer Teknis
Laboratorium Non Pangan



Sumanto G.I. Manullang, S.SIT, M.SE

* Hasil pengujian di atas hanya berdasarkan contoh uji yang bersangkutan. Laporan ini dilarang diperbanyak kecuali atas persetujuan tertulis dari BPMB
This above findings are based on sample tested only. This report shall not be reproduced, without the written approval from BPMB

Hal. 2 dari 2