

TEKNIK

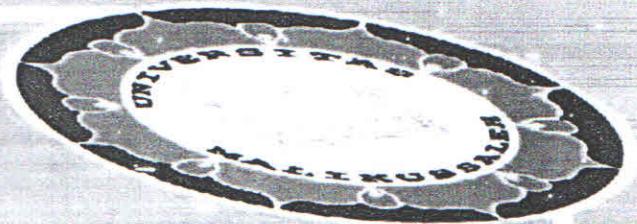
S M I K E In A

Prosiding

SEMINAR NASIONAL
REKAYASA dan TEKNOLOGI
Tahun 2013

Reuleut, 04 Desember 2013

ISSN : 977-2354587-001



Dalam Rangka
DIES NATALIS KE - 32
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MALIKUSSALEH

Tema:

**PERAN DUNIA PENDIDIKAN DALAM
PENINGKATAN KESEJAHTERAAN
MASYARAKAT PASCA MIGAS ACEH**



skkmigas

ExxonMobil



Bappeda
Aceh Utara



PT. ARUN



Dinas PU
Lhokseumawe



ISSN : 977-2354587-001



PROSIDING
SEMINAR NASIONAL REKAYASA DAN TEKNOLOGI 2013
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MALIKUSSALEH

KEYNOTE SPEAKER

ENDRIARTONO SOETARTO
(Mantan Panglima TNI)

Drs. Marzuki Daud
(Anggota DPR RI)

Delyuzar
(President Director PT. Arun. NGL)

Dr. Apridar, SE., M.Si
(Rektor Universitas Malikussaleh)

KATA PENGANTAR

Dalam rangka Perayaan **DIES NATALIS KE 32 FAKULTAS TEKNIK TAHUN 2013** dilaksanakan rangkaian kegiatan di mana salah satunya adalah Kegiatan **Seminar Nasional Rekayasa dan Teknologi (SNRT)** merupakan seminar umum secara nasional yang beranjak dari kondisi kekinian Aceh dalam menghadapi era pasca migas yang akan berakhir. Langkah konkret dan konperhensif perlu segera diambil oleh pemerintah maupun masyarakat dalam melakukan exit strategy. Seminar Nasional ini memandang Aceh pasca migas dari aspek dunia pendidikan terhadap pemanfaatan sumber daya untuk kesejahteraan masyarakat ditinjau dari berbagai keilmuan. Thema yang diangkat pada Seminar Nasional ini merupakan hot issue yang sedang berkembang di Aceh yaitu: **"Peran Sarjana Teknik Dalam Peningkatan Kesejahteraan Masyarakat Pasca Migas Aceh"**

Tujuan Seminar Nasional adalah untuk merealisasi peran Fakultas Teknik Unimal dalam memberikan kontribusi solusi, menjaring pemikiran dan ide-ide cemerlang yang konstruktif komprehensif bagi Pemerintah Aceh dan Pemerintah Kabupaten/Kota terhadap strategy pemanfaatan sumber daya baik sumber daya alam maupun sumber daya manusia untuk peningkatan kesejahteraan masyarakat pada pasca migas di Aceh.

Sasaran dari kegiatan seminar ini adalah bentuk rekomendasi dari hasil seminar yang dirumuskan oleh Team Perumus berupa pemikiran, strategi serta masukan dari peserta seminar kepada Pemerintah Daerah baik pemerintah Propinsi Aceh maupun Pemerintah Kabupaten Kota

Pada kesempatan ini Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang ikut berkontribusi baik moril maupun materil sehingga kegiatan ini dapat terselenggara dengan baik, Semoga Seminar Nasional ini dapat memberi manfaat bagi Pemerintah dan Masyarakat dan kepada Allah SWT jua kita berserah diri dan mengharapkan Ridhonya. Majulah Aceh, Sejahteralah rakyatnya. Amin

Lhokseumawe, 4 Desember 2013

Fakultas Teknik Unimal
Dekan,



Ir. T. Hafli, MT

Panitia Pelaksana
Ketua Umum,



Dr. Ir. Wesli, MT

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
1 Variasi Temperatur Tuang dan Komposisi Silikon Terhadap Kekerasan Material Pada Paduan AL-SI - Akhyar	1-7
2 Zeolot Alam Aceh Sebagai Adsorben Untuk Pemurnian Etanol - Muhammad, Nasrun, Chasril Hanif	8-18
3 Produksi Aluminium Karbonat Dari Limbah Perusahaan Air Minum Dengan Menggunakan Gas Karbon Dioksida Dalam Reaktor Berpengaduk - M. Husin Ismayanda	19-28
4 Analisis Efektivitas Peralatan Produksi Pada PT. Bahari Dwi Kencana Lestari Kabupaten Aceh Tamiang - Dewi Mulyanti	29-40
5 Penerapan Tema Green Architecture Dalam Mengantisipasi Dampak Perubahan Iklim Lingkungan (Studi Kasus Jean-Marie Tjibaou Culture Center) - Nizarli, Ardian Ariatsyah, Safwan, Zainuddin	41-55
6 Potensi Alga Merah Sebagai Salah Satu Tulang Punggung Bagi Penguatan Sektor Industri Kemasan Makanan di Aceh - M. Nizar Machmud	56-63
7 Pengujian Unjuk Kerja Kontrol PID Pada Sistem Pemanas Fuel Gas - Nasrul ZA, Leni Maulinda, Muhammad	64-74
8 Pengaruh Kadar Asam Lemak Jenuh Terhadap Nilai Titik Tuang dan Titik Awan Biodiesel - Azhari, Leni Maulinda, Suryati	75-80
9 Studi Pembuatan Papan Partikel Dari Serbuk Kayu Dengan Matriks Polietilen Tereftalat dan Poli Propilen - Sofyana	81-91
10 Analisa Kinetika Reaksi Pati Jagung Menjadi Glukosa Menggunakan Katalis Asam Sulfat - Novi sylvia, Wusnah, Fikri Hasfita, Mariana	92-100
11 Analisis Kinerja Ragi Roti (<i>Saaharomycess Cerevisea</i>) dan Enzim Alfa Amilase Proses Fermentasi Pembuatan Etanol dari Pati Sagu - Ishak	101-112
12 Perancangan dan Implementasi Pengendalian Kecepatan Motor DC Berbasis Labview - Heri Haryanto, Sarif Hidayat	113-127
13 Rancang Ulang Alat Tenun Kain Songket Pandai Sikek Dengan Pendekatan Antropometri - Dessi Mufti, Aidil Ikhsan, Handri Syafrizal	128-138
14 Pengaruh Tekanan dan Lama Penggorengan (Vacuum Frying) Terhadap Mutu Keripik Sukun (<i>Artocapus Artilis</i>) - Irhammi, Banda Ratrina Katsum, Irfan	139-151
15 Perancangan Strategi Pemasaran Produksi Air Minum Dalam Kemasan Pada CV. Saqua Pasee - Bakhtiar, Suharto Tahir, Mahlil	152-171
16 Perancangan Ulang Tata Letak Pabrik Dengan Metode Systematic Layout Planning (SLP) Untuk Meminimumkan Total Momen Perpindahan Material - Amri, Herizal	172-183
17 Analisa Kekerasan dan Struktur Mikro Terhadap Penambahan Polymer ke Air Sebagai Media Pendingin (Quenchant) Pada Proses Quench Dari Baja AISI 4140 - Susri Mizhar, Nasri Pilly, Abdul Rahman	184-193
18 Kaji Eksperimental Pengaruh Susunan Kolektor Seri dan Paralel Jenis Tabung Setengah Silindris Terhadap Kenaikan Temperatur Fluida - Darwin	194-202

19	Analisa Arah Rupture Sebagai Parameter Gempa Bumi - Deassy Siska, Wesli	203-216
20	Studi Eksperimental Pengaruh Bentuk Mercuri Bulat dan Ambang Lebar Terhadap Profil Muka Air - Fasdarsyah	217-229
21	Kajian Pengelolaan Sistem Pemeriksaan dan Penilaian Kondisi Jembatan Material Beton Pra-Tegang (Cable Stayed dan Arch Bridge) - Teuku Muhammad Ridwan	230-245
22	Pelayanan Terminal Terhadap Penumpang Angkutan Bus Antar Kota Antar Provinsi (AKAP) (Studi Kasus Terminal Penumpang Batoh Kota Banda Aceh - Said Jalalul Akbar	246-260
23	Studi Karakteristik Campuran Lapisan Aspal Beton (AC-WC) Menurut Spesifikasi Umum Bina Marga Edisi 2006 dan 2010 - Adzuha Desmi	261-281
24	Sistem Informasi Penjualan Berbasis Web Menggunakan Metode Unified Modelling Language (UML) - Dahlan Abdullah, Zainal Asikin, Cut Ita Erliana	282-298
25	Sistem Pendukung Keputusan Pemberian Pinjaman Modal Untuk Pengembangan Usaha Kecil Menengah Dengan Menggunakan Metode Promethee - Rizal	299-312
26	Minimasi Pemborosan Untuk Percepatan Proses Produksi Dengan Konsep LEAN dan 5S - Noviyarsi, Lestari Setiawati, Yesmizarti Muchtiar, Muhammad Iqbal	313-325
27	Perbandingan Pengaruh Penggilingan Pulp Pelelah Kelapa Sawit Proses Asetosolv dan Pulp Kayu Lembut Terhadap Karakteristik Kertas Yang Dihasilkan - Nasrullah RCL	326-335
28	Penambahan CMC (Carboxyl Methyl Cellulose) dan Lama Penyimpanan Terhadap Mutu Sari Buah Asam Jawa (Tamarindus Indica) - Libiya	336-342
29	Pembuatan dan Analisis Struktur Speed Bump Bahan Komposit Busa Beton (Concrete Foam) - Maraghi Muttaqin, Nuzuli Fitriadi, Yusuf Siahaan, Abdurrahman, Irwansyah dan Bustami Syam	343-351
30	Laju Pertumbuhan Retak Fatik Siklus Rendah Aluminium A6063-T6 di Bawah Pembebanan Mode Campuran - Zulmiardi, Meriatna, Zainuddin Ginting	352-366
31	Pengembangan Material Komposit Busa Polimer Menggunakan Serat TKKS Sebagai Penguat - Ade Irwan, Mahadi, Ria Dini Wanti Lubis, dan Bustami Syam	367-371
32	Pengaruh Komposisi Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Komposit Keramik Clay Pasir Besi Abu Sekam Padi - Andia Fatmaliana, M. Nizar Machmud, dan Zulkarnain Jalil	372-382
33	Pengaruh Ratio Bahan dan Pelarut Terhadap Rendemen Minyak Atsiri Dari Daun Jeruk Purut (Citrus Hystrix D, C) Dengan Metode Hidrodistilasi Sistem Kohobasi - Pocut Nurul Alam, Abrar Muslim, Cut Erika	383-391
34	Beton Geopolimer: Beton Ramah Lingkungan - Maizuar, Hamzani, Lis Ayu Widari, Said Jalalul Akbar, Burhanuddin	392-400

PENGARUH KADAR ASAM LEMAK JENUH TERHADAP NILAI TITIK TUANG DAN TITIK AWAN BIODIESEL

Azhari, Ishak, Leni Mauiinda dan Suryati

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh

Jl. Kampus Universitas Malikussaleh Cot Tgk. Nie – Reuleut, Kec. Muara Batu, Kab. Aceh Utara

e-mail: azharina6@gmail.com

ABSTRAK

Biodiesel merupakan bahan bakar terbarukan yang diproduksi melalui proses reaksi kimia. Pada umumnya, minyak tumbuh-tumbuhan (nabati), lemak binatang serta limbah minyak goreng dipakai sebagai bahan baku (feedstock) untuk memproduksi bahan bakar biodiesel. Semua bahan baku tersebut terdiri dari 98-99% senyawa hidrokarbon sedangkan sisanya 1-2% merupakan senyawa pengotor (trace). Tiga jenis biodiesel dipilih dalam penelitian ini yaitu biodiesel kelapa sawit, biodiesel jarak pagar, dan biodiesel kedelai untuk dianalisa kadar senyawa asam lemak dengan memakai gas chromatography. Persentase asam lemak tak jenuh dalam biodiesel bervariasi antara 43,3-82,5%, demikian juga asam lemak jenuh antara 27,5-56,7%. Teknik fraksinasi vakum dan winterisasi dapat digunakan untuk menghasilkan biodiesel dengan nilai titik tuang (pour point) dan nilai titik awan (cloud point) yang rendah. Hasil analisa menunjukkan bahwa nilai titik tuang biodiesel kedelai adalah -15°C dan biodiesel jarak pagar adalah -10°C . Oleh karena itu, kedua jenis biodiesel tersebut sesuai untuk digunakan sebagai bahan bakar di daerah yang beriklim sejuk.

Kata kunci: Asam Lemak Jenuh, Biodiesel, Titik Tuang

1. LATAR BELAKANG

Komposisi minyak atau lemak ditentukan oleh struktur bangun rantai hidrokarbon yang panjang. Pada umumnya, minyak nabati atau lemak hewani merupakan senyawa hidrokarbon yang bersumber dari biji-bijian (*seeds*) dan hewan. Hidrokarbon dari sumber nabati dikenal dengan hidrokarbon yang dapat diperbaharui (*renewable*), sedangkan hidrokarbon yang berasal dari minyak bumi disebut hidrokarbon tak dapat diperbaharui (*unrenewable*). Pada dasarnya, hidrokarbon diklasifikasikan ke dalam dua golongan utama yaitu senyawa hidrokarbon jenuh (*saturated*) dan senyawa hidrokarbon tak jenuh (*unsaturated*). Kedua jenis senyawa hidrokarbon ini merupakan komponen utama dalam struktur minyak dan lemak.

Banyak penelitian tentang produksi biodiesel sudah dilakukan dengan menggunakan berbagai jenis bahan baku (*feedstock*) seperti minyak kelapa sawit, minyak biji jarak pagar, minyak biji bunga matahari, minyak biji kapas, dan minyak kedelai (Lang dkk, 2001; Syam dkk, 2009). Semua jenis bahan baku tersebut dapat dikategorikan sebagai minyak yang dapat dimakan (*edible oil*) kecuali minyak jarak pagar karena mengandung senyawa toksid yang menyebabkan keracunan, sehingga minyak jarak pagar dikelompokkan sebagai minyak yang tak dapat dimakan (*non edible oil*) (Alcantara dkk,

2000). Konsentrasi hidrokarbon seperti asam lemak jenuh yang terdapat dalam minyak tumbuh-tumbuhan bervariasi misalnya minyak kelapa sawit, kandungan senyawa asam lemak jenuh melebihi 50%, sehingga pada suhu kamar cenderung memiliki sifat semisolid. Sebaliknya, minyak kedelai, kandungan senyawa asam lemak tak jenuh sekitar 75% dan pada suhu kamar memiliki sifat cair, akan tetapi mudah teroksidasi dan terhidrolisa karena ikatan rangkap yang rentan terhadap kondisi lingkungan (Azhari dkk, 2007). Pemakaian bahan bakar biodiesel secara terus menerus akan mendorong keseimbangan atmosfer bumi terhadap laju akumulasi gas rumah kaca dan efek pemanasan global secara signifikan. Hal itu dikarenakan adanya penanaman kembali pohon dalam jumlah yang besar melalui proses reboisasi (Canackiand Gerpen, 2001). Isu kelangkaan minyak bumi juga memicu kenaikan harga bahan bakar minyak di pasaran dunia serta perubahan iklim (*climate change*) yang tidak menentu, sehingga menyebabkan biodiesel semakin mendapatkan perhatian dunia sebagai bahan bakar pengganti (*alternative fuel*), disamping keuntungan lainnya seperti dapat dibakar secara sempurna, mudah terurai, dan tidak beracun bila dibandingkan dengan diesel yang berbasis fosil.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa pengaruh konsentrasi asam lemak jenuh dalam biodiesel kelapa sawit, jarak pagar dan kedelai terhadap nilai titik tuang, nilai titik awan. Kedua analisa tersebut dilakukan berdasarkan metode American Society for Testing and Materials (ASTM).

2. BAHAN DAN METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Bahan dan Peralatan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tiga jenis biodiesel (biodiesel kelapa sawit, biodiesel kacang kedelai dan biodiesel jarak pagar), N,O-Bis (trimethylsilyl) trifluoroacetamide (BSTFA), etil asetat (*pro analisis*). Sedangkan peralatan yang dipakai adalah gas chromatography (*Agilent Serial 6890*), pipet, termometer, bak pemanas air, dan botol sampel (*vial*).

2.2 Metodologi Penelitian

Prosedur yang dipakai dalam penelitian ini adalah analisa gas chromatography (GC). Ditimbang sampel sebanyak 0.03 gram ± 0.005 , kemudian dimasukkan ke dalam

vial 5 ml. Ditambahkan 1 ml ethil asetat, kemudian dikocok secara perlahan hingga bercampur sempurna. Ditambahkan 0.5 ml BSTFA, kemudian dikocok hingga proses siliilasi berlangsung. Dipanaskan vial sampel di dalam bak air pemanas yang temperaturnya telah diset pada suhu 40°C selama 10-15 menit sebelum sampel diinjek ke dalam GC. Metode GC yang digunakan adalah sebagai berikut: jenis kolom kapilari (*capillary column*) yang dipakai adalah kolom SGE 12m x 0.53mm, 0.15µm ID column HT5 dengan memakai H₂ sebagai gas pembawa pada laju alir 26.7 ml/min dan pada rasio pemisahan (*split ratio*) 1:1. Suhu alat pemanas (*oven*) diset pada suhu awal 80°C, ditahan selama 3 menit, kemudian suhu ditingkatkan sebesar 6°C/menit sampai suhu 340°C dan dipertahankan hingga 6 menit selanjutnya. Suhu pada bagian injeksi dan bagian deteksi adalah 300°C dan 360°C (Yunus dkk, 2002).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

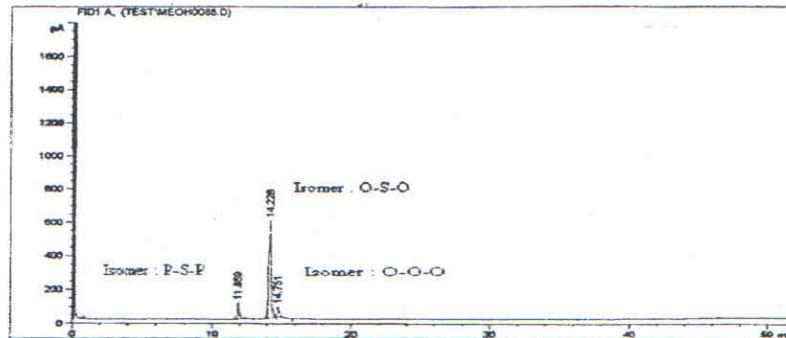
Persentase senyawa asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh dalam biodiesel sangat bergantung pada jenis bahan baku (*feedstock*) yang dipakai. Oleh karena itu, perbedaan jenis bahan baku akan menyebabkan perbedaan kandungan hidrokarbon jenuh dan hidrokarbon tak jenuh seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Sebagai bahan bakar yang akan diaplikasi pada kawasan bersuhu rendah, maka biodiesel harus memiliki sifat mampu mengalir pada keadaan suhu sangat rendah. Sifat mampu mengalir biodiesel pada suhu rendah dapat diidentifikasi melalui analisa titik tuang dan titik awan biodiesel.

Tabel 1: Komposisi Senyawa Asam Lemak Hidrokarbon Dalam Biodiesel

No	Jenis Biodiesel	Komposisi Asam Lemak, % w/w				
		16:0	18:0	18:1	18:2	18:3
1	Biodiesel jarak pagar	16	6-7	42-43.5	33-34.4	0.80
2	Biodiesel kelapa sawit	41-47	3.7-5.6	38.2-43.5	6.6-11.9	0.5
3	Biodiesel kedelai	12	3	23	55	6

Hasil analisa gas chromatography menunjukkan bahwa isomer triolein (O-O-O) dan isomer diolein monostearin (O-S-O) yang merupakan senyawa hidrokarbon tak jenuh dengan konsentrasi 85% memainkan peran yang sangat penting dalam meningkatkan sifat mampu alir biodiesel tersebut. Sedangkan isomer dipalmitin monostearin (P-S-P) yang merupakan senyawa hidrokarbon jenuh dengan konsentrasi sebesar 15% akan menurunkan sifat fluida biodiesel dengan membentuk partikel-partikel kristal pada suhu

rendah. Gambar 1 memperlihatkan GC chromatogram biodiesel dari minyak kedelai dengan berbagai bentuk isomer senyawa hidrokarbon.



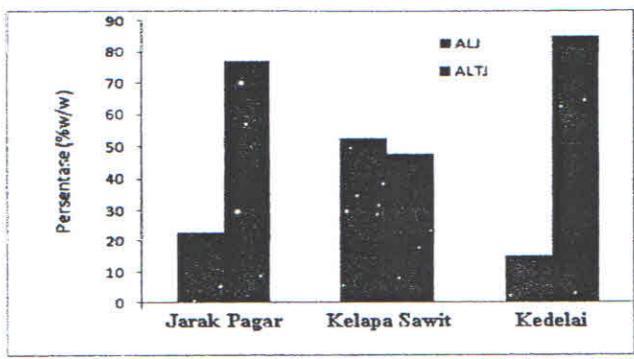
Gambar 1: GC chromatogram biodiesel dengan variasi isomer senyawa hidrokarbon

Perbedaan konsentrasi awal senyawa asam lemak jenuh dalam berbagai jenis biodiesel menunjukkan bahwa teknik winterisasi atau fraksinasi untuk menurunkan persentase kandungan senyawa asam lemak jenuh di dalam bahan bakar biodiesel diperlukan. Teknik fraksinasi atau winterisasi bertujuan untuk meningkatkan kualitas biodiesel yang berkenaan dengan sifat fisik seperti nilai titik tuang dan titik awan.

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa konsentrasi senyawa asam lemak jenuh (ALJ) biodiesel kelapa sawit jauh lebih tinggi bila dibandingkan dengan biodiesel jarak pagar dan biodiesel kedelai. Dengan kata lain, kandungan senyawa asam lemak tak jenuh (ALTJ) dalam biodiesel jarak pagar dan biodiesel kedelai sangat signifikan. Kondisi ini dapat disimpulkan bahwa nilai titik tuang biodiesel jarak pagar dan kedelai jauh lebih rendah dibandingkan dengan nilai titik tuang biodiesel kelapa sawit sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 2. Dengan kata lain, sifat mampu alir biodiesel dari jarak pagar dan biodiesel dari kedelai lebih baik daripada sifat mampu alir yang dimiliki oleh biodiesel dari kelapa sawit. Sebenarnya, aplikasi biodiesel pada daerah-daerah yang bersuhu rendah sangat ditentukan oleh sifat mampu alir biodiesel. Semakin rendah nilai titik tuang dan nilai titik awan biodiesel, maka sifat mampu alir biodiesel semakin baik, selanjutnya biodiesel memiliki peluang untuk dapat digunakan pada kawasan-kawasan tersebut.



elai



Gambar 2: Persentase senyawa asam lemak jenuh dalam biodiesel

Oleh karena itu, kualitas biodiesel jarak pagar dan biodiesel kedelai untuk pemakaian pada kawasan yang beriklim sejuk lebih memenuhi kriteria seperti yang ditetapkan oleh badan standarisasi internasional untuk biodiesel yaitu ASTM.

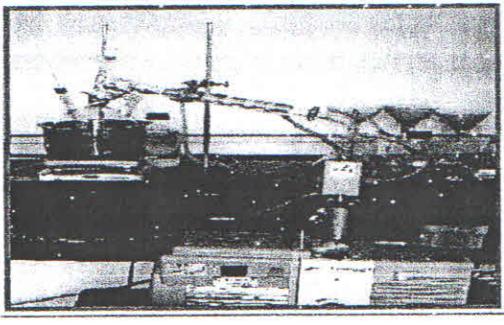
nis
can
sel
tas

Tabel 2: Nilai Mampu Alir Biodiesel Setelah Proses Fraksionasi

No.	Jenis Biodiesel	Kandungan ALJ setelah fraksionasi (%w/w)	Nilai titik tuang (°C)	Nilai titik awan (°C)
1	Jarak pagar	15	-10	-5
2	Kelapa sawit	24	0	5
3	Kedelai	10	-15	-11

LJ)
gar
uh
ini
ih
na
gar
eh
ng
lai
ik,
an

Sedangkan, untuk jenis biodiesel yang memiliki konsentrasi senyawa asam lemak jenuh tinggi, teknik fraksionasi dapat diterapkan untuk menurunkan kadar senyawa asam lemak jenuh seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Teknik fraksionasi ini dilakukan pada kondisi tekanan vakum untuk menghindari suhu proses yang sangat tinggi sehingga tidak menyebabkan warna biodiesel menjadi hitam pekat [4]. Adapun produk hasil kondensasi proses fraksionasi ini dijadikan sebagai produk samping yang umumnya terdiri dari senyawa asam lemak palmitik, myristik dan stearik.



Gambar 3: Proses fraksionasi untuk menurunkan konsentrasi senyawa ALJ dalam biodiesel

Produk samping tersebut berupa senyawa hidrokarbon jenuh, selanjutnya dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pada industri pembuatan sabun, alkohol padat, dan surfaktan.

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisa menunjukkan bahwa biodiesel dari kelapa sawit mengandung kadar senyawa asam lemak jenuh lebih tinggi yaitu 55% dibandingkan dengan biodiesel dari minyak kedelai dan minyak jarak pagar. Oleh karena itu, kedua jenis biodiesel dari minyak kedelai dan jarak pagar menghasilkan nilai titik tuang jauh lebih rendah yaitu -10°C dan -15°C sedangkan nilai titik tuang biodiesel dari kepala sawit adalah 0°C . Hal ini dapat disimpulkan bahwa kualitas mampu alir biodiesel jarak pagar dan biodiesel kedelai pada suhu rendah adalah lebih baik serta memenuhi kriteria untuk diaplikasikan pada kawasan sejuk. Sebaliknya, biodiesel dari kelapa sawit hanya dapat diaplikasikan pada kawasan-kawasan tropikal.

DAFTAR PUSTAKA

- Lang, X. Dalai, A. K. Bakhshi, N. N. Reany, M. J., and Hertz, P. B. (2001). Preparation and characterization of bio-diesels from various bio-oils. *Bioresource Technology* 80: 53–62.
- Syam, A. M. Yunus, R. Ghazi, T. I. M., and Yaw, T. C. S. (2009). Methanolysis of *Jatropha* oil in the presence of potassium hydroxide catalyst. *Journal of Applied Science* 9(17): 3161-3165.
- Alcantara, R. Amores, J. Canoira, L. Fidalgo, E. Franco, M. J., and Navarro, A. (2000). Catalytic production of biodiesel from soybean oil, used frying oil and tallow. *Biomass & Bioenergy* 18: 515–527.
- Azhari, R. Yunus, Rashid, S. A. dan Abdullah. L. C. (2007). Synthesis of palm biodiesel using sodium methoxide catalyst. *Malaysian Journal of Chemical Engineering*: 61-71,
- Canakci, M., and Gerpen, J. V. (2001). Biodiesel production from oils and fats with high free fatty acids. *Trans. ASAE* 44 (6): 1429–1436.
- Yunus, R. Fakhru'l-Razi, A. OOI, T. L., and Basri, S. (2002). A Simple Capillary Column Gas Chromatography Method for Analysis of Palm Oil-Based Polyol Esters. *J.Am.Oil Chem. Soc.*, 79: 1075-1080.