



UNIVERSITAS INDONESIA

**EVALUASI DAN ANALISIS ALAT PEMISAH KONTINYU
BIODIESEL-AIR**

SKRIPSI

**INDRIANI FAJRIN
0706269855**

**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
DEPOK
JANUARI 2011**



UNIVERSITAS INDONESIA

**EVALUASI DAN ANALISIS ALAT PEMISAH KONTINYU
BIODIESEL-AIR**

SKRIPSI

**Diajukan untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi sarjana
teknik**

**INDRIANI FAJRIN
0706269855**

**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
DEPOK
JANUARI 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : **Indriani Fajrin**

NPM : **0706269855**

Tanda Tangan :

Tanggal : **04 Januari 2011**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Indriani Fajrin
NPM : 0706269855
Program Studi : Teknik Kimia
Judul Seminar : Evaluasi dan Analisis Alat Pemisah Kontinyu
Biodiesel-Air

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Prof. Dr. Ir. M. Nasikin, M.Eng ()
Pembimbing II : Bambang Heru S. ST, MT ()
Penguji : Prof. Dr. Ir. Widodo W. Purwanto, DEA ()
Penguji : Dr. Ir. Sukirno, M.Eng ()
Penguji : Ir. Dewi Tristantini, MT., PhD ()

Ditetapkan di : Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia
Tanggal : 04 Januari 2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan seminar ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Kimia pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
2. Prof. Dr. Ir. M. Nasikin, M.Eng dan Bambang Heru S, ST, MT selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
3. Rekan satu penelitian saya, Maria Linawati dan Eliana Ayu Karinda, yang telah bersedia berdiskusi dan saling mendukung satu sama lain selama proses penyelesaian skripsi ini.
4. Antonius Chrisnandy, Antoni Stefan, Mang Ijal, Kang Jajat, yang telah membantu selama penelitian berlangsung.
5. Alien, Dhinda, Aditya, Karin dan orang-orang yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah membantu saya menyelesaikan skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat memberikan kontribusi dan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta peningkatan daya saing bangsa Indonesia.

Depok, 04 Januari 2011

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Indriani Fajrin
NPM : 0706269855
Program Studi : Teknik Kimia
Departemen : Teknik Kimia
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty- Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

EVALUASI DAN ANALISIS ALAT PEMISAH KONTINYU
BIODIESEL-AIR

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 04 Januari 2011

Yang menyatakan
(Indriani Fajrin)

ABSTRAK

Nama : Indriani Fajrin

Program Studi : Teknik Kimia

Judul : Evaluasi dan Analisis Alat Pemisah Kontinyu Biodiesel-Air

Semakin langkanya bahan bakar fosil mendorong pengembangan bahan bakar lain yang ramah lingkungan dan dapat diperbaharui, salah satunya adalah biodiesel. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan proses produksi biodiesel dengan sistem kontinyu. Proses produksi biodiesel, terutama pada proses pemisahan biodiesel dan air menggunakan sistem *batch* atau *semi-batch*. Salah satu proses pemisahan yang berhasil adalah dengan menggunakan separator untuk memisah secara kontinyu antara biodiesel dan air. Separator tersebut berupa tangki pengendap dengan *baffle*. Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi dan menganalisis separator yang digunakan pada proses separasi biodiesel dengan air. Analisis dilakukan dengan mengamati fenomena pemisahan sebagai fungsi dari laju alir, komposisi, dan jumlah *baffle*. Hasil analisis berupa fenomena pemisahan serta fungsi empiris berbentuk persamaan linier yang menunjukkan ketinggian biodiesel sebagai indikasi keberhasilan pemisahan. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa proses pemisahan biodiesel-air berlangsung cepat sehingga akan lebih baik jika menggunakan separator tanpa *baffle*. Hal ini dipengaruhi oleh waktu tinggal yang berhubungan erat dengan ketinggian *baffle*.

Kata Kunci : Separasi, Biodiesel-Air, *settler*, sistem kontinyu

ABSTRACT

Name : Indriani Fajrin
Study Program : Chemical Engineering
Title : Evaluation and Analysis Continuous Separator Of Biodiesel-Water

Increasing scarcity of fossil fuels to encourage the development of other fuels that are environmentally friendly and renewable, one of which is biodiesel. Several studies have been conducted to develop a biodiesel production process with continuous systems. Biodiesel production process, especially in the biodiesel and water separation process using a system of semi-batch or batch. One of the successful process is to use a separator for separating continuously between the biodiesel and water. Separator is a settling tank with baffles. This research is to evaluate and analyze the separator used in the separation process of the biodiesel with water. The analysis was conducted to observe the phenomenon of separation as a function of flow rate, composition, and the number of baffles. Results of analysis of the phenomenon of segregation as well as empirical functions form a linear equation showing the height of biodiesel as an indication of the success of the separation. From the results showed that biodiesel-water separation process is rapid, so it is better if using a separator without a baffle. This is influenced by the residence time is closely related to the height of baffle.

Keywords: Separation, Biodiesel-Water, settlers, continuous system

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Biodiesel.....	5
2.1.1 Biodiesel di Indonesia.....	5
2.1.2 Sifat Biodiesel.....	7
2.1.3 Spesifikasi Biodiesel.....	7
2.2 Proses Dasar Pembuatan Biodiesel.....	8
2.2.1 Pemurnian Minyak Nabati.....	10
2.2.2 Esterifikasi.....	10
2.2.3 Transesterifikasi.....	11
2.2.4 Separasi Biodiesel.....	12
2.2.4.1 Biodiesel-Glisерol.....	12
2.2.4.2 Biodiesel-Air.....	13
2.3 Teknologi Produksi Biodiesel.....	14
2.3.1 <i>Batchwise Operating Technology</i>	15
2.3.2 <i>Continuous Operating Production</i>	16
2.4 Sifat Kelarutan Senyawa.....	17
2.4.1 Konsentrasi.....	18
2.4.2 Tekanan.....	18
2.4.3 Temperatur.....	19
2.5 Alat Pemisah Biodiesel-Air dalam Proses Kontinyu.....	19
2.5.1 <i>Settler/ Separator</i>	20
2.5.2 <i>Baffle</i>	20
2.5.3 Pompa.....	21
2.5.4 Agitator.....	22
2.6 Separator Pemisah Biodiesel-Air.....	23

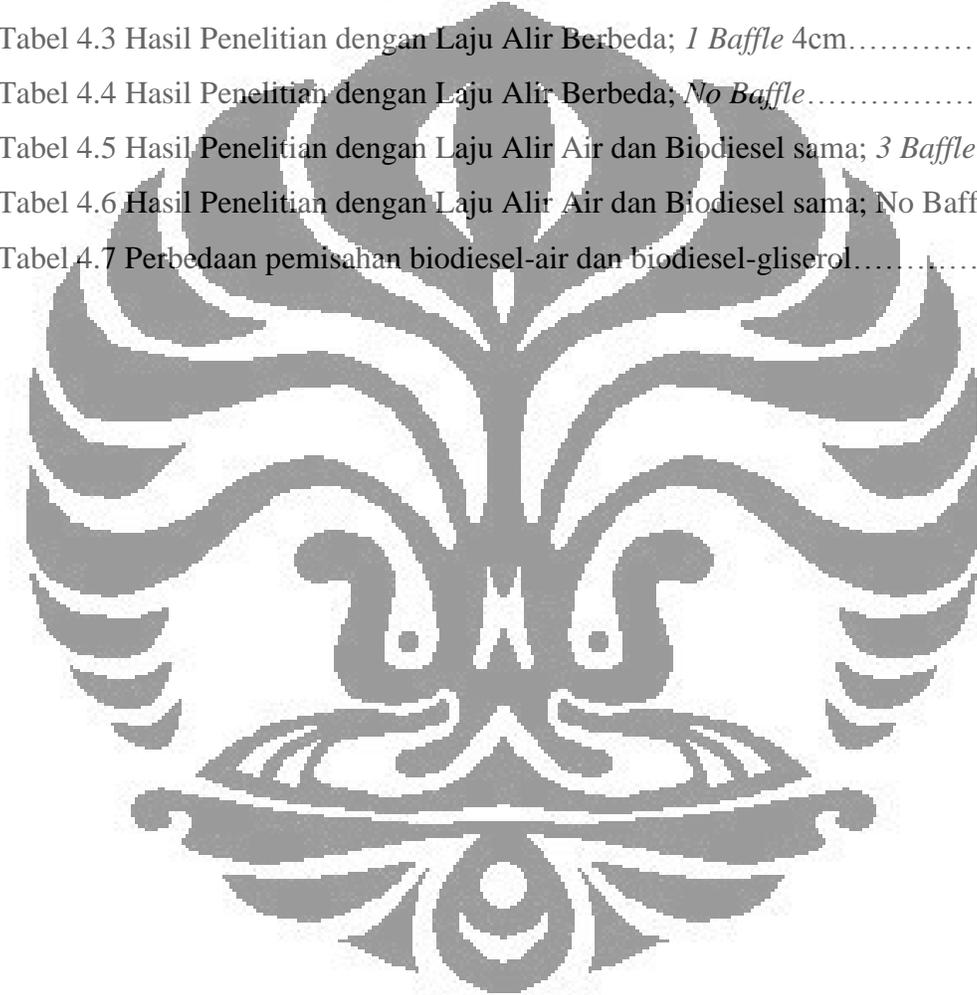
2.6.1	<i>Settling Tank</i>	23
2.6.2	<i>Baffle Tank System</i>	24
2.6.3	Hukum Stokes.....	25
BAB 3 RANCANGAN PENELITIAN.....		27
3.1	Variabel Bebas dan Variabel Terikat.....	28
3.2	Alat dan Bahan.....	29
3.3	Prosedur Penelitian.....	29
3.3.1	Kalibrasi Bahan.....	30
3.3.2	Prosedur Separasi Biodiesel-Air.....	31
3.4	Pelaksanaan Penelitian.....	31
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		32
4.1	Analisis Alat Pemisah Kontinyu.....	33
4.2	Analisis Percobaan.....	33
4.2.1	Pengaruh <i>Baffle</i> pada Proses Pemisahan.....	33
4.2.2	Pengaruh Komposisi pada Proses Pemisahan.....	36
4.2.2.1	Variasi Komposisi pada Separator Tiga <i>Baffle</i>	37
4.2.2.2	Variasi Komposisi pada Separator Satu <i>Baffle</i> 4cm.....	38
4.2.2.3	Variasi Komposisi pada Separator Tanpa <i>Baffle</i>	39
4.2.3	Pengaruh Laju Alir terhadap Ketinggian Biodiesel.....	41
4.2.3.1	Variasi Laju Alir pada Separator Tiga <i>Baffle</i>	41
4.2.3.2	Variasi Laju Alir pada Separator Tanpa <i>Baffle</i>	45
4.3	Perbandingan Pemisahan Biodiesel dengan Air dan Gliserol.....	46
BAB 5 PENUTUP.....		49
5.1	Kesimpulan.....	49
5.2	Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA.....		51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rancangan fasilitas produksi biodiesel (INBT 2008).....	6
Gambar 2.2 Proses Pembuatan Biodiesel.....	9
Gambar 2.3 Reaksi Esterifikasi.....	10
Gambar 2.4 Reaksi Transesterifikasi.....	11
Gambar 2.5 Pembuatan Biodiesel secara Batch.....	14
Gambar 2.6 Pembuatan Biodiesel secara Kontinyu.....	16
Gambar 2.7 Hubungan kelarutan dan suhu untuk beberapa jenis garam.....	17
Gambar 2.8 Separator.....	20
Gambar 2.9 Pompa Sentrifugal.....	21
Gambar 2.10 Sistem <i>Settling</i>	23
Gambar 2.11 Aliran air melalui tiga tangki.....	24
Gambar 2.12 Desain <i>baffle</i> untuk air mengalir keatas.....	24
Gambar 2.13 Desain <i>baffle</i> untuk air mengalir ke kiri dan kanan baffles.....	25
Gambar 3.1 Rangkaian Alat Proses Pemisahan secara Kontinyu.....	27
Gambar 3.2 Separator dengan Tiga <i>Baffle</i>	28
Gambar 3.3 Algoritma Rancangan Penelitian.....	30
Gambar 4.1 Foto Alat.....	32
Gambar 4.2 Pengaruh Komposisi Air terhadap Ketinggian Air dan Biodiesel; <i>Baffle</i> 4.5cm;4cm;3.5cm.....	38
Gambar 4.3 Pengaruh Komposisi Air terhadap Ketinggian Biodiesel di Kompartemen 1 dan 2; <i>Baffle</i> 4cm.....	39
Gambar 4.4 Profil Pengaruh Laju Alir Air terhadap Ketinggian Air dan Biodiesel; <i>tanpa baffle</i>	40
Gambar 4.5 Ketinggian vs Kompartmen untuk tiap laju alir dengan komposisi 1:1	42
Gambar 4.6 Pengaruh Laju Alir pada Komposisi 1:1 terhadap Ketinggian Biodiesel.....	43
Gambar 4.7 Pengaruh Laju Alir pada Komposisi 1:1 pada h biodiesel; <i>Tanpa baffle</i>	45

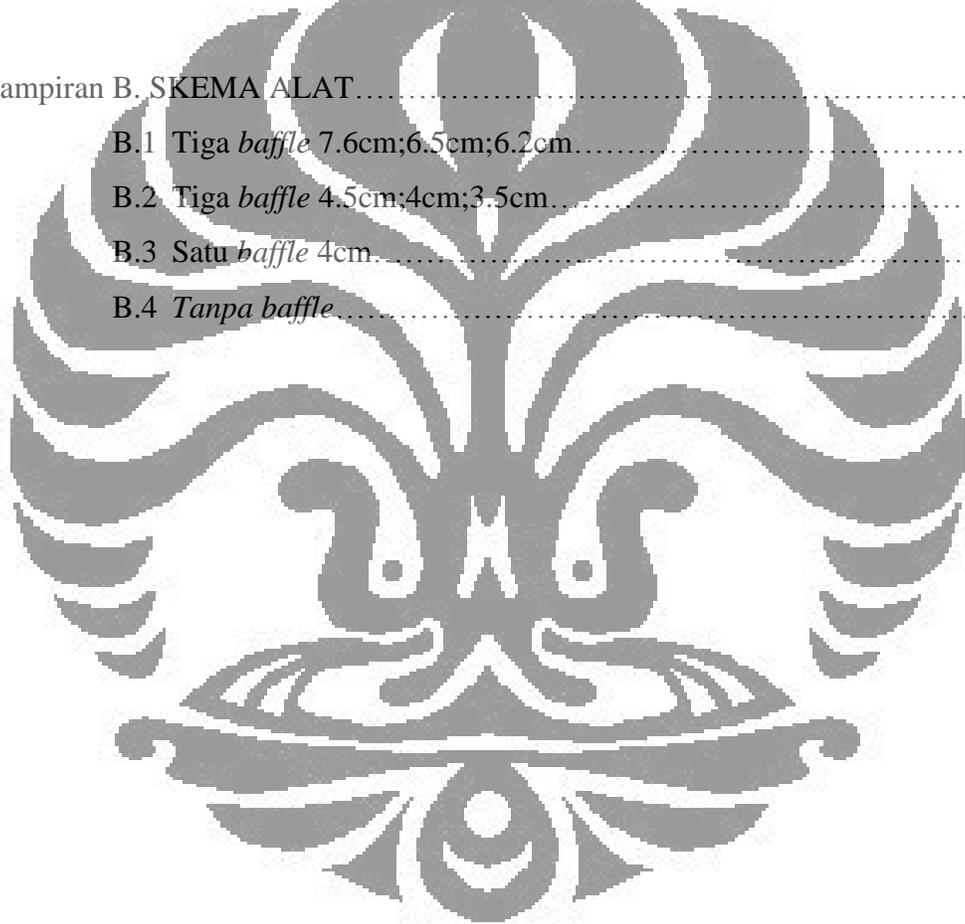
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Produser biodiesel di Indonesia.....	7
Tabel 2.2 Standar Biodiesel di Indonesia.....	8
Tabel 4.1 Hubungan antar Variabel Bebas.....	34
Tabel 4.2 Hasil Penelitian dengan Laju Alir Berbeda; 4.5cm;4cm;3.5cm.....	37
Tabel 4.3 Hasil Penelitian dengan Laju Alir Berbeda; 1 Baffle 4cm.....	39
Tabel 4.4 Hasil Penelitian dengan Laju Alir Berbeda; No Baffle.....	40
Tabel 4.5 Hasil Penelitian dengan Laju Alir Air dan Biodiesel sama; 3 Baffle.....	42
Tabel 4.6 Hasil Penelitian dengan Laju Alir Air dan Biodiesel sama; No Baffle....	45
Tabel 4.7 Perbedaan pemisahan biodiesel-air dan biodiesel-gliserol.....	47



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. DATA HASIL PENELITIAN.....	53
A.1 Penelitian pertama : <i>baffle</i> 7.5cm;6.5cm;6.2cm.....	54
A.2 Penelitian kedua : <i>baffle</i> 4.5cm;4cm;3.5cm.....	55
A.3 Penelitian ketiga : <i>Baffle</i> 4cm.....	56
A.3 Penelitian keempat: tanpa <i>baffle</i>	57
Lampiran B. SKEMA ALAT.....	58
B.1 Tiga <i>baffle</i> 7.6cm;6.5cm;6.2cm.....	58
B.2 Tiga <i>baffle</i> 4.5cm;4cm;3.5cm.....	58
B.3 Satu <i>baffle</i> 4cm.....	59
B.4 Tanpa <i>baffle</i>	59



BAB 1

PENDAHULUAN

1.2 Latar Belakang

Biodiesel di masa yang akan datang akan menjadi suatu komoditi yang sangat penting kaitannya dengan bahan bakar minyak bumi yang semakin menipis. Mungkin saat ini biodiesel masih kalah bersaing dengan BBM, namun hal tersebut hanya masalah waktu saja dimana cadangan minyak bumi sudah tidak mencukupi lagi untuk kebutuhan bahan bakar maka produksi bahan bakar alternatif akan menggantikan posisinya. Tidak hanya mampu menjadi substitusi minyak bumi sebagai sumber daya alam yang terbarukan, namun biodiesel juga mampu menjawab kekhawatiran terhadap makin meningkatnya emisi gas buang yang pada akhirnya akan merusak lingkungan. Hampir semua peneliti mengemukakan bahwa minyak nabati dari ester itu bagus di dalam mesin diesel, dan yang lain mengatakan bahwa kondisi ester melebihi bahan bakar diesel dalam berbagai aspek dari pengoperasian mesin termasuk yang mencakup emisi dan efisiensi panas (Yahya dkk, 1994; Wagner dkk, 1984).

Penggunaan dan produksi biodiesel yang meningkat dengan cepat, terutama di Eropa, Amerika Serikat, dan Asia, tentunya membutuhkan suatu proses produksi biodiesel yang lebih efisien dibandingkan dengan yang sudah ada. Salah satu cara untuk membuat proses produksi lebih efisien adalah dengan mengoptimalkan kinerja peralatannya. Dalam proses produksi biodiesel, diperlukan suatu alat untuk memisahkan biodiesel dengan produk sampingnya (pemurnian biodiesel), yakni gliserol yang biasa dikenal dengan sebutan *settler*/separator. Separator juga digunakan untuk proses pencucian biodiesel dengan menggunakan air. Banyak desain separator biodiesel yang ada saat ini diperuntukkan untuk proses yang dilaksanakan secara *batch*. Padahal bila separator biodiesel ini didesain untuk proses yang dilaksanakan secara kontinyu, tentunya hal ini dapat mengoptimalkan proses produksi.

Desain separator yang ada saat ini membutuhkan tangki yang besar dan waktu yang lama untuk proses pemisahannya. Hal ini akan menjadi permasalahan tersendiri bila membangun pabrik biodiesel. Untuk mengatasi hal ini telah banyak dilakukan modifikasi terhadap separator. Salah satunya adalah desain separator dengan bentuk silinder vertikal untuk memaksimalkan kapasitas serta proses separasi (Lastella, 2005). Dalam kenyataannya, produksi biodiesel dilakukan dengan proses *batch* dalam dunia industri. Sehubungan dengan hal ini, riset grup UGM telah berhasil mengembangkan teknologi pembuatan biodiesel secara kontinyu, sebagai alternatif pengganti sistem pembuatan biodiesel secara *batch* (Arief Budiman, 2009). Teknologi yang sudah dikembangkan adalah menggabungkan reaktor dan unit pemurnian ke dalam satu unit operasi yang dikenal dengan *reactive distillation*. Sistem ini terbagi menjadi tiga bagian yang memiliki fungsinya masing-masing. Bagian tengahnya ditandai dengan zona reaksi dimana reaksi pembentukan biodiesel dari minyak, metanol, dan katalisator terjadi. Bagian atas merupakan zona *recovery* metanol yang akan mengambil kembali sisa metanol yang belum bereaksi. Sedangkan bagian bawah merupakan zona pemurnian biodiesel.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Nasikin dkk, 2010) menggunakan separator yang dapat memisahkan biodiesel dan air secara kontinyu. Namun penelitian tersebut hanya menggunakan satu kondisi operasi saja. Fenomena dan kinerja separator perlu dianalisis meningkatkan kinerja agar lebih optimum. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengevaluasi kinerja dari separator tersebut dengan ketinggian *baffle* sebagai indikasi pemisahan. Variabel yang digunakan adalah laju alir, komposisi, dan jumlah *baffle*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan Masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh dari komposisi campuran biodiesel dengan air terhadap proses pemisahan.

2. Bagaimana pengaruh dari laju alir campuran biodiesel dengan air terhadap proses pemisahan.
3. Bagaimana pengaruh dari jumlah dan ketinggian *baffle* terhadap proses pemisahan.
4. Bagaimana profil dari hubungan laju alir, komposisi, dan *baffle* terhadap proses separasi biodiesel-air secara kontinyu

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui kinerja dari alat pemisah biodiesel kontinyu dalam proses pemisahan biodiesel dengan air.
2. Mendapatkan laju alir optimum untuk proses pemisahan biodiesel-air
3. Mendapatkan pengaruh ketinggian *baffle*, laju alir dan komposisi biodiesel-air terhadap ketinggian biodiesel yang dituangkan kedalam grafik.
4. Mendapatkan data yang akan digunakan untuk *scale-up* kapasitas industri

1.4 Batasan Masalah

Masalah yang dibahas dalam penelitian ini dibatasi sebagai berikut :

1. Parameter yang digunakan adalah ketinggian *baffle*, laju alir, dan komposisi biodiesel-air.
2. Ketinggian biodiesel sebagai indikasi utama untuk mengetahui keberhasilan proses pemisahan.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Berisi pendahuluan yang terdiri dari latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tinjauan pustaka yang membahas tentang sifat dan spesifikasi biodiesel, proses dasar pembuatan biodiesel, alat untuk proses biodiesel terutama pemisahan dengan separator biodiesel, serta proses kontinu pada biodiesel.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Berisi tentang diagram alir penelitian, peralatan, bahan dan prosedur yang digunakan dalam penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang penyajian data penelitian yang diperoleh, evaluasi dan analisis kecenderungan pada berbagai variasi variabel bebas, yaitu ketinggian serta jumlah biodiesel, komposisi, dan laju alir biodiesel-air.

BAB V KESIMPULAN

Berisi tentang kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan penelitian yang dilakukan terkait dengan tujuan dari penelitian ini.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biodiesel

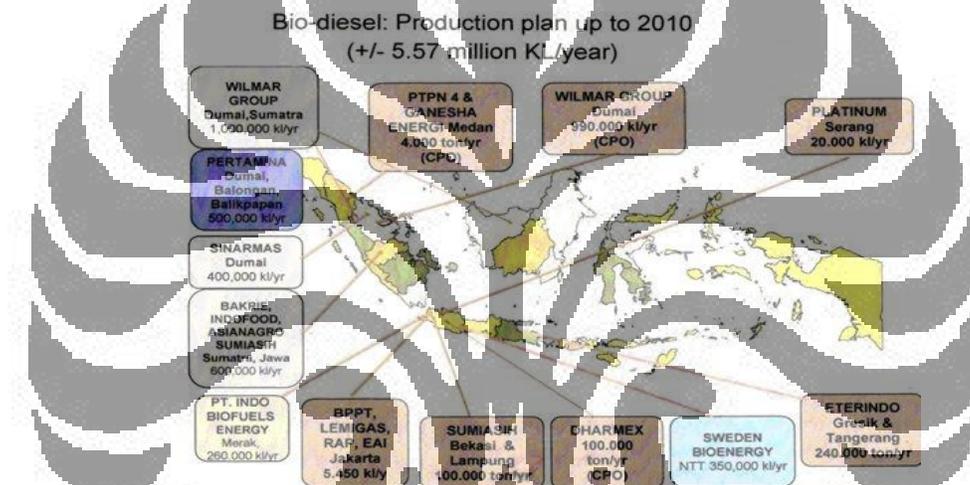
Biodiesel merupakan bahan bakar yang terdiri dari campuran mono-alkyl ester dari rantai panjang asam lemak, yang dipakai sebagai alternatif bagi bahan bakar dari mesin diesel dan terbuat dari sumber terbarui seperti minyak atau lemak hewan. Sebuah proses dari transesterifikasi lipid digunakan untuk mengubah minyak dasar menjadi ester yang diinginkan dan membuang asam lemak bebas. Setelah melewati proses ini, tidak seperti minyak langsung, biodiesel memiliki sifat pembakaran yang mirip dengan diesel (*solar*) dari minyak bumi, dan dapat menggantikannya dalam banyak kasus. Namun, biodiesel lebih sering digunakan sebagai penambah untuk diesel petroleum, meningkatkan bahan bakar diesel petrol murni ultra rendah belerang yang rendah pelumas.

Biodiesel digunakan untuk menggantikan bahan bakar fosil sebagai sumber energi transportasi utama dunia karena merupakan bahan bakar terbarui yang dapat menggantikan diesel petrol di mesin dan dapat diangkut, serta dijual dengan menggunakan infrastruktur saat ini. Pemilihan biodiesel sebagai bahan bakar alternatif berbasis pada ketersediaan bahan baku. Minyak *rapeseed* adalah bahan baku untuk biodiesel di Jerman dan kedelai di Amerika. Sedangkan bahan baku yang digunakan di Indonesia adalah *crude palm oil* (CPO). Selain itu, masih ada potensi besar yang ditunjukkan oleh minyak jarak pagar (*Jathropa Curcas*) dan lebih dari 40 alternatif bahan baku lainnya di Indonesia.

2.1.1 Biodiesel di Indonesia

Indonesia adalah penghasil minyak sawit terbesar kedua setelah Malaysia dengan produksi CPO sebesar 8 juta ton pada tahun 2002 dan akan menjadi penghasil CPO terbesar di dunia pada tahun 2012. Dengan mempertimbangkan aspek kelimpahan bahan baku, teknologi pembuatan, dan independensi Indonesia terhadap

energi diesel, maka selayaknya potensi pengembangan biodiesel merupakan potensi pengembangan biodiesel sebagai suatu alternatif yang dapat dengan cepat diimplementasikan. Walaupun pemerintah Indonesia menunjukkan ketertarikan yang besar terhadap pengembangan biodiesel, pemerintah tetap bergerak pelan dan berhati-hati dalam mengimplementasikan hukum pendukung bagi produksi biodiesel. Pemerintah memberikan subsidi bagi biodiesel, bio-premium, dan bio-pertamax dengan level yang sama dengan bahan bakar fosil, padahal biaya produksi biodiesel melebihi biaya produksi bahan bakar fosil. Hal ini menyebabkan Pertamina harus menutup sendiri sisa biaya yang dibutuhkan.



Gambar 2.1 Rancangan fasilitas produksi biodiesel (INBT, 2008)

Hingga Mei 2007, Indonesia telah memiliki empat industri besar yang memproduksi biodiesel dengan total kapasitas 620.000 ton per hari. Industri-industri tersebut adalah PT Eterindo Wahanatama (120.000 ton/tahun – umpan beragam), PT Sumi Asih (100.000 ton/tahun–dengan RBD Stearin sebagai bahan mentah), PT Indo BBN (50.000 ton/tahun–umpan beragam), Wilmar Bioenergy (350.000 ton/tahun dengan CPO sebagai bahan mentah), PT Bakrie Rekin Bioenergy (150.000 ton/tahun) dan PT Musim Mas (100.000 ton/tahun). Selain itu juga terdapat industri-industri biodiesel kecil dan menengah dengan total kapasitas sekitar 30.000 ton per tahun, seperti PT Ganesha Energy, PT Energi Alternatif Indonesia, dan beberapa BUMN. Berikut adalah daftar produser biodiesel di Indonesia pada Tabel 2.1, yaitu:

Tabel 2.1 Produser biodiesel di Indonesia

Nomor	Investor	Lahan (Hektar)
1	PT. PN 1,2,3,4,5,6,7,8,13,14,RNI	1.100.000
2	Sinarmas	440.000
3	Genting Biodiesel	400.00
4	Kelompok 9 Badan Usaha	340.000
5	Indomal	300.000
6	Munting Grop	290.000
7	Wilmar Group	180.000
8	Tolaram Group	116.000
9	BP	102.000
10	Sweden Bioenergy	101.000
11	APROBI Group	100.000
12	ASLATIC Group	80.000
13	CLEAN Biofuel	51.000
TOTAL LAHAN PRODUKSI (HEKTAR)		3.600.000

2.1.2 Sifat Biodiesel

Biodiesel memiliki sifat tidak beracun dan mudah terdegradasi. Berikut merupakan keunggulan-keunggulan biodiesel :

- ⊗ Biodiesel tidak beracun dan ramah lingkungan. Biodiesel menghasilkan lebih sedikit karbon monoksida pada pembakarannya dan 100% emisi sulfur dioksida dan tidak adanya hidrokarbon tak terbakar sehingga biodiesel mampu menekan pencemaran udara
- ⊗ Biodiesel dengan pembakaran lebih sempurna akan memberikan pengurangan terhadap resiko kanker sebesar 90%
- ⊗ Biodiesel terdegradasi dan terbarukan oleh alam
- ⊗ Biodiesel dapat digunakan langsung atau sebagai campuran terhadap petrodiesel. Besaran campuran berkisar 5-20%
- ⊗ Biodiesel memperpanjang umur mesin

2.1.3 Spesifikasi Biodiesel

Indonesia telah membuat standar terhadap biodiesel yang diproduksi. Standar ini mengacu pada dua standar biodiesel yakni standar biodiesel Eropa EN 14214-2002 (E) dan satandar biodiesel Amerika Serikat ASTM D6751. Standar biodiesel

eropa lebih lengkap, dan ini mencerminkan tingkat kemajuan industri biodiesel di Eropa. Standar biodiesel Eropa mengaju pada penggunaan Biodiesel murni (B100) dan atau untuk campuran minyak solar sampai 5%. Berikut standar nasional biodiesel Indonesia SNI 04-7182-2006 :

Tabel 2.2 Standar Biodiesel di Indonesia

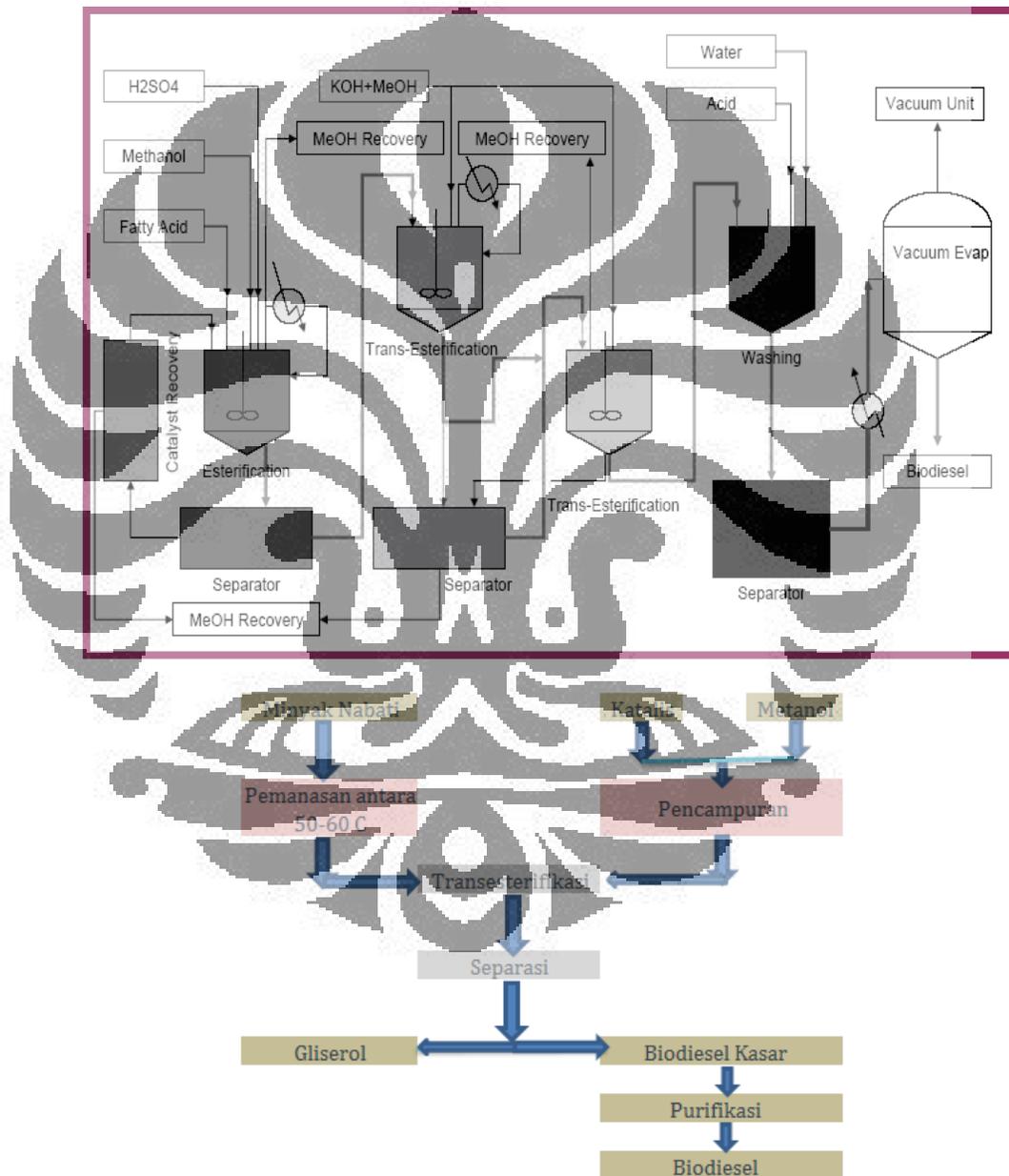
No.	Parameter	Satuan	Nilai	Metode Uji
1	Massa jenis pada 40C	kg/m ³	850-890	ASTM D 1298
2	Viskositas Kinematik pada 40C	mm ² /s (cSt)	23-6,0	ASTM D 445
3	Angka Setana		min. 51	ASTM D 613
4	Titik Nyala	°C	min. 100	ASTM D 93
5	Titik Kabut	°C	maks . 18	ASTM D 2500
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pad 50 °C)		maks. No.3	ASTM D 130
7	Residu karbon	% massa	maks. 0.05	ASTM D 4530
8	Air dan sedimen	% volume	maks. 0.05	ASTM D 2709
9	Temperatur distilasi	°C	maks. 360	ASTM D 1160
10	Abu tersulfatkan	% massa	maks. 0.02	ASTM D 874
11	Belerang	ppm-m (mg/kg)	maks. 100	ASTM D 5453
12	Fosfor	ppm-m (mg/kg)	maks. 100	AOCS Ca 12-55
13	Angka asam	mg-KOH/g	maks. 0.8	ASTM D 664
14	Gliserol bebas	% massa	maks 0.02	ASTM D 6584
15	Gliserol total	% massa	maks. 0.24	ASTM D 6584
16	Kadar ester alkil	% massa	min. 96.5	Dihitung*
17	Angka iodium	% massa	maks. 115	AOCS Cd 1-25
18	Uji Halphen	% massa	Negative	AOCS Cd 1-25

2.2 Proses Dasar Pembuatan Biodiesel

Perkembangan teknologi sumber daya energi terbarukan (*renewable energy*) terus mengalami kemajuan. Salah satu di antaranya adalah pengembangan biodiesel, yaitu bahan bakar untuk mesin diesel yang dihasilkan dari sumber daya hayati yang justru banyak terdapat di daerah tropis seperti Indonesia. Bahan baku (*feed stock*) biodiesel terus mengalami pengembangan melalui berbagai eksperimen di seluruh dunia. Dari awalnya berbasis tumbuhan kanola (*rapeseed*) kemudian dikembangkan pembuatan dari kelapa sawit, pohon jarak, sampai minyak jelantah

(used vegetable oil). Proses pembuatan biodiesel dari minyak nabati akan melewati tahap sebagai berikut:

1. Proses pemurnian minyak nabati dari pengotor dan *water content*
2. Esterifikasi dari asam lemak bebas (*free fatty acids*)
3. Trans-esterifikasi molekul trigliserida ke dalam bentuk metil ester, dan
4. Pemisahan dan pemurnian



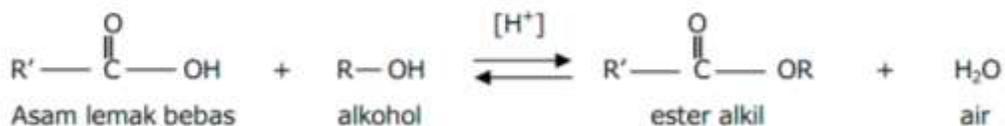
Gambar 2.2 Proses Pembuatan Biodiesel (Sribd, 2010)

2.5.5 Pemurnian Minyak Nabati

Umumnya biji nabati dibersihkan dari kotoran dengan cara dicuci secara manual atau dengan mesin. Biji direndam sekitar 5 menit di dalam air mendidih, kemudian ditiriskan sampai air tidak menetes lagi. Biji dikeringkan dengan menggunakan alat pengering atau dijemur di bawah matahari sampai cukup kering, kemudian biji tersebut dimasukkan ke dalam mesin pemisah untuk memisahkan daging biji dari kulit bijinya. Selanjutnya daging biji yang telah terpisah dari kulitnya, digiling dan siap untuk dipres. Lama tenggang waktu dari penggilingan ke pengepresan diupayakan sesingkat mungkin untuk menghindari oksidasi. Proses pengepresan biasanya meninggalkan ampas yang masih mengandung 7 – 10 % minyak. Oleh sebab itu, ampas dari proses pengepresan dilakukan proses ekstraksi pelarut, sehingga ampasnya hanya mengandung minyak kurang dari 0,1% dari berat keringnya. Pelarut yang biasa digunakan adalah pelarut n – heksan dengan rentang didih 50 – 70 °C. Tahap inilah tahap awal pembuatan biodiesel yaitu proses pemurnian minyak nabati dari pengotor dan *water content* dengan menggunakan air atau CH₃COOH. Biodiesel dibersihkan menggunakan air distilat untuk memisahkan zat-zat pengotor seperti metanol, sisa katalis alkalin, gliserol, dan sabun. Hal ini karena lebih tingginya densitas air dibandingkan metal ester menyebabkan prinsip separasi gravitasi berlaku. Pencucian dilakukan tiga kali hingga mencapai pH 6.8-7.2.

2.2.2 Esterifikasi

Pada umumnya, minyak nabati mempunyai komponen utama berupa trigliserida dan asam lemak bebas. Asam lemak bebas harus dihilangkan terlebih dahulu agar tidak mengganggu reaksi pembuatan biodiesel (reaksi transesterifikasi). Penghilangan asam lemak bebas ini dapat dilakukan melalui reaksi esterifikasi. Secara umum reaksi esterifikasi adalah sebagai berikut :

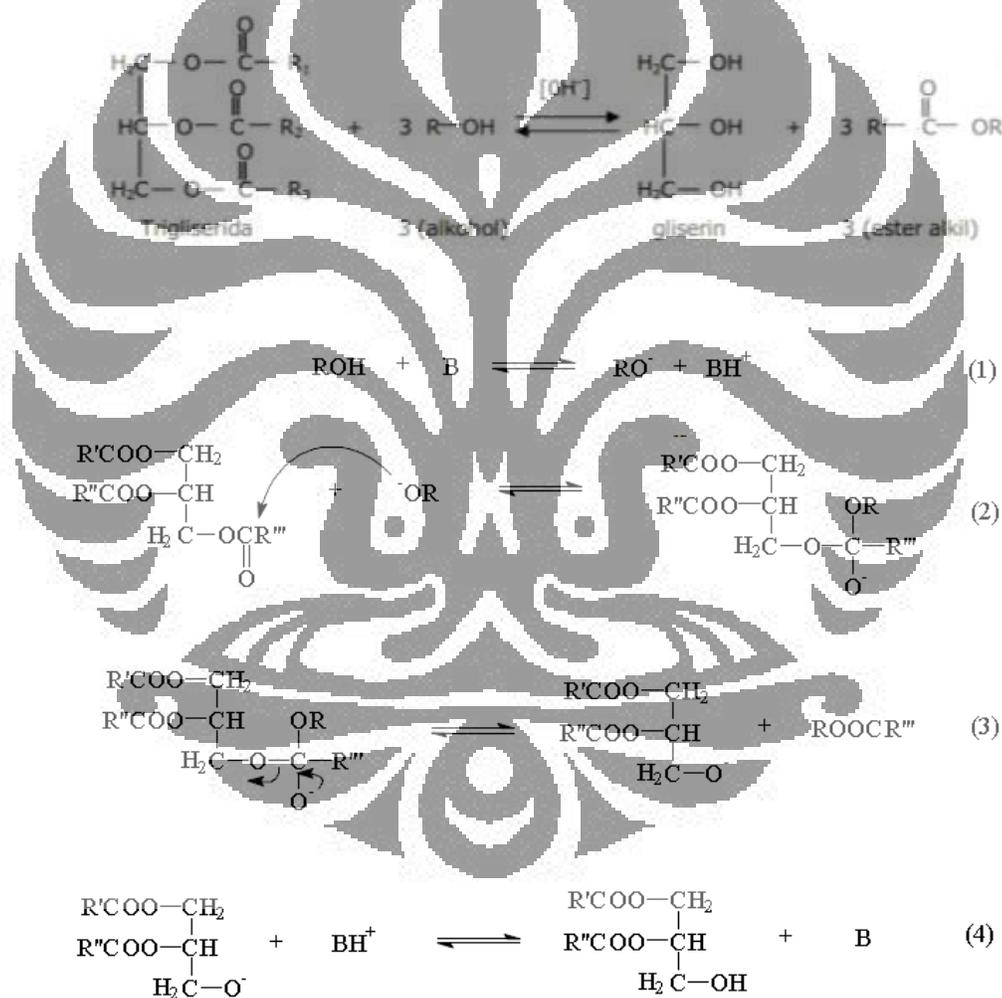


Gambar 2.3 Reaksi Esterifikasi (Wikipedia, 2010)

Pada reaksi ini asam lemak bebas direaksikan dengan metanol menjadi biodiesel sehingga tidak mengurangi perolehan biodiesel. Tahap ini menghasilkan *minyak nabati* yang sudah tidak mengandung asam lemak bebas, sehingga dapat dikonversi menjadi biodiesel melalui reaksi transesterifikasi.

2.2.3 Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi utama dalam pembuatan biodiesel. Secara umum reaksi transesterifikasi adalah sebagai berikut :



Gambar 2.4 Reaksi Transesterifikasi (Wikipedia, 2010)

Pada reaksi ini, trigliserida (minyak) bereaksi dengan metanol dalam katalis basa untuk menghasilkan biodiesel dan gliserol (gliserin). Sampai tahap ini,

pembuatan biodiesel telah selesai dan dapat digunakan sebagai bahan bakar yang mengurangi pemakaian solar. Selain itu, dalam rangka untuk meningkatkan kualitas penggunaan biodiesel, terdapat beberapa solusi yang dapat diterapkan, salah satunya adalah dengan menambahkan aditif pada biodiesel. Aditif digunakan untuk meningkatkan nilai setana/cetane number dari biodiesel. Peningkatan cetane number akan meningkatkan kinerja mesin diesel. Di Departemen Teknik Kimia sendiri telah diproduksi aditif bahan bakar biodiesel dengan merek dagang Bio-Power, yang proses pembuatannya juga berasal dari biodiesel.

2.2.4 Separasi Biodiesel

Pemisahan gliserol dengan biodiesel merupakan langkah pertama pemurnian hasil pada setiap proses biodiesel. Kelarutan biodiesel pada gliserol dan sebaliknya sangat sedikit. Berat jenis biodiesel dan gliserol juga memiliki perbedaan yang cukup signifikan. Keberadaan metanol memang sedikit memberikan efek pada adanya biodiesel yang terdispersi di gliserol dan sebaliknya.

Pencucian biodiesel bertujuan untuk menetralkan sisa katalis dan menghilangkan sisa sabun yang terbentuk selama reaksi esterifikasi. Sisa gliserol dan metanol juga akan terbawa pada saat pencucian biodiesel. Biodiesel selanjutnya dikeringkan agar kandungan air tidak melebihi standar. Untuk menghilangkan sulfur dan fosfor, mengurangi warna dan menghilangkan gliserida dibutuhkan proses lain. Penambahan aditif pada biodiesel dimaksudkan untuk menghasilkan bahan bakar dengan fungsionalitas tertentu. Sebagai misal adalah aditif pour point, antioksidan dan aditif panambah daya tahan penyimpanan.

2.2.4.1 Biodiesel-Gliserol

Biodiesel memiliki berat jenis sekitar 0.88 gr/cc sedangkan gliserol 1.05 gr/cc. Berat jenis gliserol bergantung pada jumlah metanol, air dan katalis yang berada dalam gliserol. Perbedaan berat jenis yang cukup besar memungkinkan pemisahan biodiesel dan gliserol menggunakan pemisahan sederhana berdasar gravitasi.

Meskipun begitu pemisahan biodiesel gliserol dipengaruhi beberapa faktor lain. Pengadukan selama reaksi berlangsung menyebabkan gliserol terpecah menjadi butiran-butiran kecil sehingga terdispersi ke dalam biodiesel. Keadaan yang mendekati netral membuat pemisahan gliserol dan biodiesel menjadi lebih mudah. Ini yang dijadikan alasan pembatasan jumlah katalis. Pada beberapa proses penetralan dilakukan pada awal pemisahan gliserol dan biodiesel.

Adanya mono, di, dan trigliserida dalam jumlah banyak akan membuat lapisan emulsi pada permukaan biodiesel dan gliserol. Emulsi ini akan membuat biodiesel tidak memenuhi standar. Maka perlu dilakukan perhitungan ulang terhadap perbandingan pereaksi.

2.2.4.2 Biodiesel-Air

Tujuan utama pencucian biodiesel adalah menghilangkan sabun yang terbentuk dalam proses transesterifikasi. Pencucian juga memungkinkan untuk dilakukan penetralan dari sisa katalis dan penghilangan garamnya. Penghilangan metanol harus dilakukan sebelum tahap pencucian biodiesel. Namun demikian ada juga yang menghilangkan metanol dengan pencucian dan metanol diambil dari air sisanya. Pencucian biodiesel menggunakan air hangat berlangsung 120-140°F untuk mencegah pengendapan ester asam lemak jenuh dan menghilangkan emulsi. Air sedikit asam menghilangkan kandungan kalsium dan magnesium dan menetralkan sisa katalis. Penghilangan ion besi dan tembaga akan menghilangkan emulsi dan menghasilkan pemisahan fase yang cepat. Pemisahan antara fase biodiesel dan air berlangsung sempurna dan terlihat jelas beda fasenya. Namun demikian kelarutan air dalam biodiesel lebih tinggi dari standar kandungan air untuk B100. Untuk itu dibutuhkan pengeringan. Pengeringan dengan cara vakum baik *batch* maupun kontinyu dapat dilakukan untuk tujuan itu.

Air pencucian umumnya dilakukan untuk menghilangkan sabun, katalis, metanol dan kontaminan lainnya dari biodiesel, menggunakan dideionisasi air. Chongkhong dkk melakukan penelitian teknik netralisasi bukannya penyulingan untuk memurnikan transesterifikasi produk. Proses ini dilakukan dengan

menggunakan 3M dari sodiumhydroxide dalam air. Lalu 2% berat dari sodiumchloride terlarut dalam larutan untuk menghapus formasi sabun. Air di 60-80C yang digunakan untuk mencuci fase ester dan kemudian dipanaskan sampai menguap. Pemisahan biodiesel dan gliserol atau biodiesel dan air membutuhkan sentrifugasi sederhana dan pemurnian produk mengarah ke pemanfaatan air yang tinggi dan waktu. Hasil menunjukkan filtrasi sederhana dari resin penukaran kation dengan katalis dalam produksi biodiesel (Jaya dkk, 2008). Lapisan ester dipisahkan dicuci dengan air panas dan dikeringkan deionisasi atas natrium anhidrat sulfat (Na_2SO_4). Proses pencucian dilakukan terdiri dari netralisasi asam diikuti oleh pencucian. Hal ini dilakukan untuk menghapus hidoksida sodium dan kotoran lain seperti kelebihan metanol, trigliserida, dan monogliserida, dan digliserida.

Penelitian mengenai pemurnian biodiesel dengan ekstraksi air (Suprihastuti dkk, 2007). Proses ini menunjukkan bahwa pencucian biodiesel oleh air ekstraksi dalam satu panggung tangki mengurangi gliserol konten dari 0,9331% menjadi setidaknya 0,09% selama 20 menit cuci waktu dengan menambahkan air 50% dari volume air. Ketika biodiesel 300% dari volume biodiesel, gliserol kurang dari 0,05% dan pH 7.3. Untuk mencapai persyaratan standar dari gliserol, konten dalam biodiesel menjadi kurang dari 0,02%, di cuci dilakukan dalam proses bertingkat. Hal ini juga mencatat bahwa tingkat massa transfer gliserol dari biodiesel ke dalam air dipengaruhi oleh suhu ekstraksi dan rasio volume pelarut biodiesel. Tinggi laju transfer massa yang lebih tinggi dicapai pada biodiesel terhadap volume air dan suhu yang lebih tinggi. Penambahan lebih banyak air besar area perpindahan massa, sehingga semakin tinggi koefisien perpindahan massa volumetrik. Semakin tinggi mencuci temperatur memberikan difusivitas lebih tinggi gliserol dari biodiesel ke fase cair, maka koefisien perpindahan massa lebih tinggi. Netralisasi dan pencucian dengan air diperlukan untuk menghilangkan total katalis dari produk.

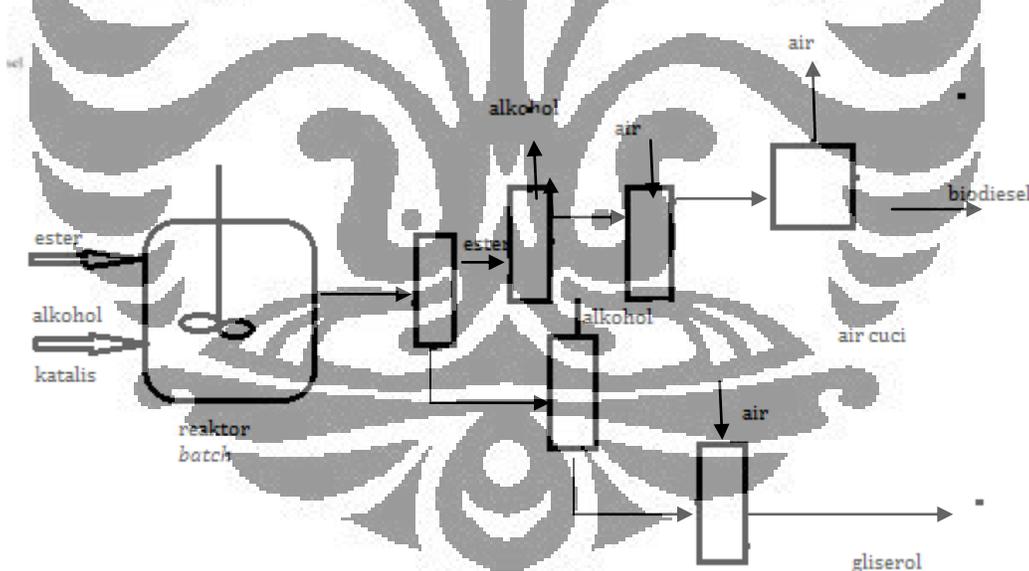
2.6 Teknologi Produksi Biodiesel

Teknologi dalam pembuatan biodiesel terdapat dalam dua cara, yaitu secara *batch* dan kontinyu. Untuk lebih jelasnya, yaitu

2.6.1 *Batchwise Operating Technology*

Metode paling sederhana untuk memproduksi biodiesel adalah menggunakan reaktor pengaduk tipe *batch*. Perbandingan alkohol dan trigliserida berkisar dari 4:1 sampai 20:1 (mol:mol), dan yang paling umum digunakan adalah rasio 6:1. Reaktor dilengkapi dengan isolasi dan pendingin balik. Suhu operasi biasanya 65 C, meskipun kisaran suhu 25-85 C.

Katalis yang digunakan adalah kaustik soda ataupun potasium hidroksida. Katalis yang dipakai sebesar 0.3 sampai 1.5 % berat minyak. Pengadukan yang relatif cepat dibutuhkan pada awal reaksi sehingga pencampuran antara minyak, alkohol dan katalis berlangsung baik. Menjelang akhir reaksi pengadukan dapat diperlahan untuk memisahkan gliserol agak turun dari fase minyak. Cara ini akan menghasilkan biodiesel 85-94 %. Ada juga yang menggunakan dua tahapan dengan pemisahan gliserol di tiap tahap. Hal ini akan menghasilkan produk 95% . Waktu operasi berkisar dari 20 menit sampai 1 jam.



Gambar 2.5 Pembuatan Biodiesel secara *Batch* (Scribd, 2010)

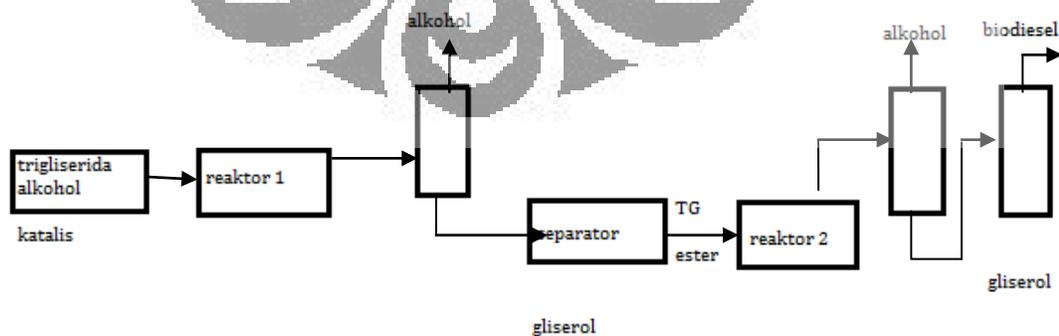
Gambar 2.5 memperlihatkan skema proses untuk pembuatan biodiesel dengan proses *batch*. Minyak dimasukkan terlebih dulu ke dalam reaktor, kemudian diikuti dengan metanol dan katalis. Selama waktu operasi reaktor diaduk, setelah

selesai didiamkan untuk memisahkan gliserol dan biodiesel. Cara yang lebih cepat untuk memisahkan gliserol adalah menggunakan sentrifugasi.

Untuk lemak binatang dan proses *yellow grease* dimodifikasi dengan penambahan reaktor esterifikasi dan tangki penyimpanan asam. Bahan baku dikering dulu hingga kadar airnya kurang dari 40% dan disaring sebelum diumpukan ke dalam tangki esterifikasi. Campuran asam sulfat dan metanol ditambahkan ke dalam reaktor esterifikasi, selanjutnya diaduk. Suhu yang digunakan sama dengan suhu transesterifikasi. Pada reaksi ini sering ditambahkan tekanan atau juga ditambahkan co-solvent. Reaksi esterifikasi tidak akan menghasilkan gliserol. Pada metode dua tahap, tahap pertama dilakukan esterifikasi setelah selesai dilakukan pengendapan untuk memisahkan metanol, air dan asam. Selanjutnya tahap ke dua adalah netralisasi. Tetapi bisa juga langsung diumpukan ke reaktor transesterifikasi. Sisa asam lemak bebas akan dinetralkan oleh katalis basa sehingga menjadi sabun.

2.3.2 *Continuous Operating Production*

Variasi yang paling populer untuk menghasilkan proses kontinu adalah menggunakan tangki berpengaduk secara seri. Volume reaktor berbeda tiap jenisnya sehingga memungkinkan reaktor pertama memiliki waktu yang lebih lama. Hal yang paling penting dalam desain reaktor ini adalah agar komposisi keluar reaktor konstan. Akibatnya dispersi gliserol ke dalam biodiesel menjadi lebih banyak sehingga membutuhkan waktu pisah yang lebih lama. Berikut skema proses kontinu pembuatan biodiesel terlihat pada gambar 2.6 dibawah ini

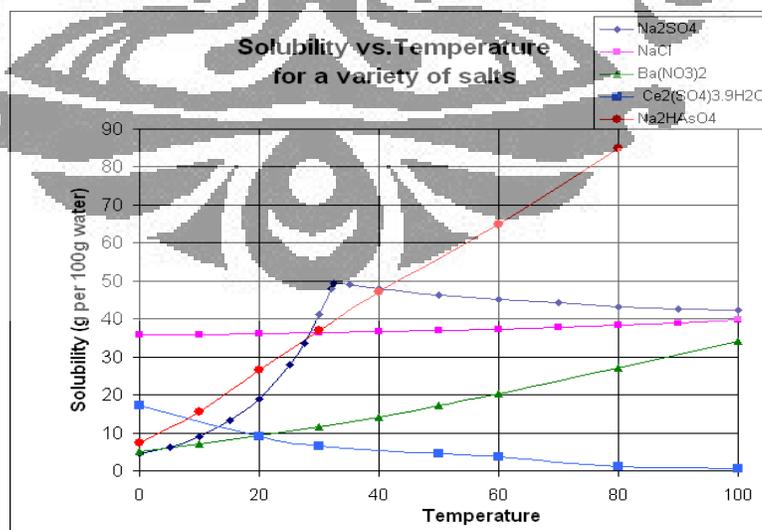


Gambar 2.6 Pembuatan Biodiesel secara Kontinu (Scribd, 2010)

2.7 Sifat Kelarutan Senyawa

Kelarutan atau solubilitas adalah kemampuan suatu zat kimia tertentu, zat terlarut (*solute*), untuk larut dalam suatu pelarut (*solvent*). Kelarutan dinyatakan dalam jumlah maksimum zat terlarut yang larut dalam suatu pelarut pada kesetimbangan. Larutan hasil disebut larutan jenuh. Zat-zat tertentu dapat larut dengan perbandingan apapun terhadap suatu pelarut. Contohnya adalah etanol di dalam air, sifat ini lebih tepatnya disebut *miscible*. Pelarut umumnya merupakan suatu cairan yang dapat berupa zat murni ataupun campuran. Zat yang terlarut, dapat berupa gas, cairan lain, atau padat. Kelarutan bervariasi dari selalu larut seperti etanol dalam air, hingga sulit terlarut, seperti perak klorida dalam air. Istilah "tak larut" (*insoluble*) sering diterapkan pada senyawa yang sulit larut, walaupun sebenarnya hanya ada sangat sedikit kasus yang benar-benar tidak ada bahan yang terlarut. Dalam beberapa kondisi, titik kesetimbangan kelarutan dapat dilampaui untuk menghasilkan suatu larutan yang disebut lewat jenuh (*supersaturated*) yang meta-stabil.

Kelarutan dari sebuah substansi dalam substansi lainnya ditentukan oleh neraca gaya intermolecular antara pelarut dan zat terlarut serta perubahan entropi yang menyebabkan terjadi pelarutan (*solvation*). Faktor-faktor seperti temperatur dan tekanan akan mengubah neraca ini, sehingga kelarutan juga berubah.



Gambar 2.7 Hubungan kelarutan dan suhu untuk beberapa jenis garam. (Wikipedia, 2010)

Kelarutan juga secara kuat dapat tergantung dari keberadaan spesi-spesi lain yang terlarut dalam pelarut. Kelarutan juga tergantung dari kelebihan ion di dalam larutan, sebuah fenomena yang disebut dengan *common-ion effect*. Kelebihan yang semakin kecil akan membuat kelarutan tergantung pada kekuatan ion dari larutan tersebut. Kedua efek ini dapat dikuantifikasi menggunakan persamaan untuk kesetimbangan kelarutan (*solubility equilibrium*). Berikut adalah beberapa faktor yang mempengaruhi sifat kelarutan suatu senyawa, yaitu:

2.7.1 Temperatur

Kelarutan dari sebuah zat terlarut pada sebuah pelarut secara tipikal tergantung pada temperatur. Untuk banyak padatan yang terlarut dalam air, kelarutannya meningkat pada temperatur mencapai 100°C. Pada air dengan temperatur yang tinggi misalnya yang mendekati temperatur kritis, kelarutan dari zat terlarut ionik cenderung menurun berdasarkan perubahan properti dan struktur dari air, konstanta dielektrik yang menurun menghasilkan pelarut polar yang lebih lemah.

Zat terlarut yang berupa gas menunjukkan perilaku yang lebih kompleks sehubungan dengan temperatur. Saat temperatur meningkat, gas biasanya menjadi lebih tidak larut dalam air, namun menjadi lebih larut dalam pelarut organik. Kelarutan dari senyawa organik selalu meningkat sehubungan dengan kenaikan temperatur. Teknik dari rekristalisasi yang digunakan untuk pemurnian padatan, tergantung dari perbedaan kelarutan dari zat terlarut pada pelarut dingin dan panas.

2.7.2 Tekanan

Untuk fasa-fasa yang terkondensasi yaitu padatan dan cair, ketergantungan kelarutan pada tekanan secara tipikal bersifat lemah dan diabaikan. Ketergantungan terhadap tekanan dari sebuah kelarutan memiliki signifikansi yang praktis. Misalnya pengendapan *fouling* pada lapangan minyak dan sumur minyak oleh kalsium sulfat yang menurunkan kelarutannya dengan menurunkan tekanan, mampu menghasilkan produktivitas yang menurun dalam fungsi waktu.

2.7.3 Konsentrasi

Konsentrasi larutan menyatakan secara kuantitatif komposisi zat terlarut dan pelarut di dalam larutan. Konsentrasi umumnya dinyatakan dalam perbandingan jumlah zat terlarut dengan jumlah total zat dalam larutan, atau dalam perbandingan jumlah zat terlarut dengan jumlah pelarut. Sementara itu, secara kualitatif, komposisi larutan dapat dinyatakan sebagai encer (berkonsentrasi rendah) *atau pekat* (berkonsentrasi tinggi).

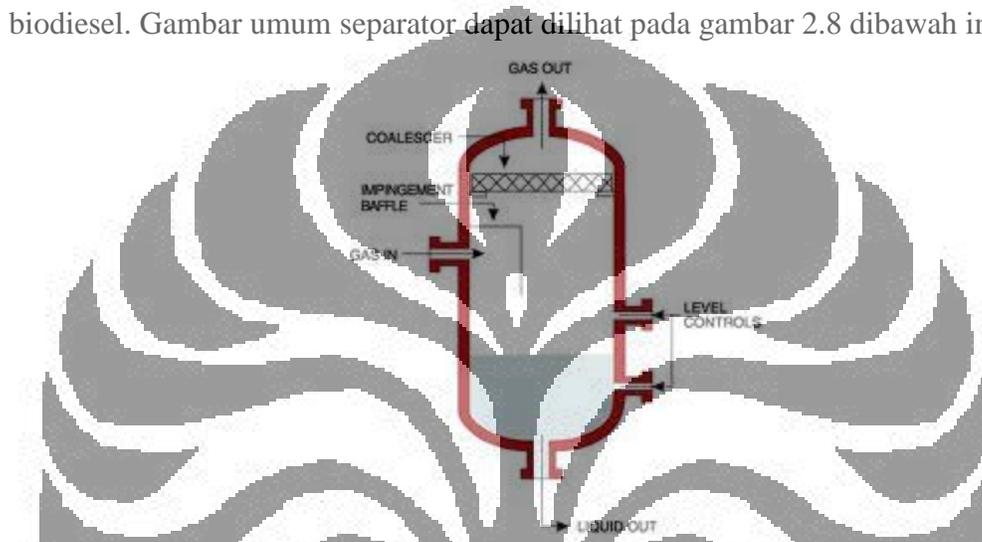
2.8 Alat Pemisah Biodiesel-Air dalam Proses Kontinyu

Alat pemisah yang digunakan dirancang untuk proses pemisahan dua campuran yang tidak saling larut, yaitu biodiesel-air, dan biodiesel-glisерol. Dengan menggunakan tangki berpengaduk dilengkapi agitator, separator dengan variasi *baffle*, pompa, dan selang penghubung, maka diharapkan proses sederhana ini dapat dilakukan dalam skala laboratorium. Perancangan alat ini bertujuan untuk membuat suatu inovasi baru dalam dunia industri pemisahan biodiesel-air dan biodiesel-glisерol yang umumnya bersifat *batch*. Untuk itu dengan menggunakan beberapa variasi dari variabel terikat yaitu *baffle*, laju alir, dan komposisi diharapkan kinerja alat ini dapat ditunjukkan dengan baik walaupun dengan skala kecil.

Ide ini berawal dari tangki berpengaduk biasa (*surge tank*) yang dapat memisahkan senyawa dan dapat disusun seri. Untuk itu adanya *baffle* pada separator ini dianggap sebagai tahapan dalam pemisahan. Semakin jauh kompartemen dari tangki berpengaduk atau dekat dengan keluaran, maka produk yang dihasilkan akan semakin murni. Proses kontinyu berlangsung karena biodiesel yang dihasilkan kemudian diarahkan ke sumber biodiesel yang ada lalu di-*recycle*. Dengan memanfaatkan waktu tinggal yang semakin lama antara biodiesel dan air pada separator maka akan semakin murni biodiesel yang dihasilkan dan diasumsikan proses pemisahan yang terjadi bersifat kontinyu.

2.8.1 *Settler / Separator*

Settler berfungsi untuk memisahkan produk utama biodiesel dengan produk samping air berdasarkan massa jenis. Tipe *settler* yang digunakan adalah *vertical settler*. Alat pemisah (*settler*) digunakan agar dapat dipisahkan biodiesel dari air. Hasil campuran senyawa ini akan menjadi 2 (dua) lapis cairan. Lapisan paling bawah yaitu lapisan air, dan lapisan yang berada pada bagian paling atas adalah lapisan biodiesel. Gambar umum separator dapat dilihat pada gambar 2.8 dibawah ini,



Gambar 2.8 Separator (Wikipedia, 2010)

Setiap kali kedua fasa dipisahkan dengan cara penjernihan, biodiesel dan pelarut terus menerus diumpankan ke dalam alat, sedangkan rafinat dan larutan ekstrak dikeluarkan secara kontinyu. Ekstraktor yang paling sering digunakan adalah kolom-kolom ekstraksi, di samping itu juga digunakan perangkat pencampur-pemisah (*mixer settler*). Alat-alat ini terutama digunakan bila bahan ekstraksi yang harus dipisahkan berada dalam kuantitas yang besar, atau bila bahan tersebut diperoleh dari proses-proses sebelumnya secara terus menerus. Separator yang digunakan dalam penelitian ini adalah skala laboratorium sehingga tidak untuk kuantitas yang besar.

2.8.2 *Baffle*

Jika separator digunakan untuk bak kontak antara biodiesel dan air, maka diperlukan *baffle* untuk membuat proses berjalan optimum. Pada fluida yang

memiliki kekentalan rendah, akibat pengadukan pada kecepatan yang tinggi akan menimbulkan *vortex*. *Vortex* yaitu terbentuknya cekungan permukaan media pada bagian tengah tangki yang disebabkan oleh adanya gaya tangensial. *Vortex* ini menyebabkan aliran pada tangki tersebut bersifat horizontal, sehingga pencampuran tidak dapat berlangsung dengan baik. Untuk mencegah terjadinya *vortex* tersebut, maka dipasanglah bilah-bilah yang disebut *baffle* (Edward dkk, 1992).

Separator yang dilengkapi dengan *baffle* untuk membagi menjadi beberapa kompartemen bertujuan untuk menambah waktu tinggal. Penambahan waktu tinggal akan membuat produk, dalam hal ini biodiesel yang diinginkan semakin murni. Seandainya separator memiliki tiga *baffle*, maka kompartemen satu akan memiliki ketinggian biodiesel yang lebih tinggi namun masih bercampur dengan air. Kompartemen yang paling dekat dengan aliran keluar atau kompartemen menghasilkan biodiesel yang sedikit namun jauh lebih murni karena telah melalui beberapa proses pemisahan.

2.8.3 Pompa

Pompa adalah alat untuk menggerakkan cairan. Pompa menggerakkan cairan dari tempat bertekanan rendah ke tempat dengan tekanan yang lebih tinggi, untuk mengatasi perbedaan tekanan ini maka diperlukan tenaga atau energi. Pompa untuk udara biasa disebut kompresor, kecuali untuk beberapa aplikasi bertekanan rendah, seperti di ventilasi, pemanas, dan pendingin ruangan maka sebutannya menjadi fan atau penghembus atau *blower*.



Gambar 2.9 Pompa Sentrifugal (Wikipedia, 2010)

Pada industri minyak bumi, sebahagian besar pompa yang digunakan dalam fasilitas *gathering station*, suatu unit pengumpul fluida dari sumur produksi sebelum diolah dan dipasarkan, ialah pompa bertipe sentrifugal. Gaya sentrifugal ialah sebuah gaya yang timbul akibat adanya gerakan sebuah benda atau partikel melalui lintasan lengkung (melingkar). Prinsip-prinsip dasar pompa sentrifugal ialah sebagai berikut:

- gaya sentrifugal bekerja pada impeller untuk mendorong fluida ke sisi luar sehingga kecepatan fluida meningkat
- kecepatan fluida yang tinggi diubah oleh *casing* pompa (*volute* atau *diffuser*) menjadi tekanan atau *head*

Pompa yang digunakan untuk memompa biodiesel adalah pompa sentrifugal yang telah dijabarkan diatas, namun pompa yang digunakan untuk mengangkat air kedalam reaktor sederhana atau tangki berpengaduk adalah pompa akuarium. Pompa air digunakan untuk memompa air mengalir ke dalam kolam untuk menyaring dan kemudian diterbangkan kembali ke kolam. Pompa akuarium biasanya berdaya listrik rendah dan sangat cocok digunakan untuk memompa air.

2.8.4 Agitator

Banyak pabrik yang memakai sistem kontinyu menggunakan sentrifugasi untuk memisahkan biodiesel-gliserol atau biodiesel-air. Sentrifugasi memberikan gaya grafitasi lebih tinggi dengan putaran tinggi sehingga didapatkan pemisahan yang cepat dan efektif. Kekurangan sentrifugasi adalah biaya awal yang tinggi dan perawatan yang harus teliti. Sentrifugasi adalah alat yang diputar dengan kecepatan tinggi. Karena penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium, maka pengaduk dan pemanas yang digunakan adalah agitator. Pemanas digunakan untuk mempercepat reaksi dan suhu dijaga agar tidak melebihi 70C karena reaksi esterifikasi tidak akan sempurna jika suhu terlalu tinggi.

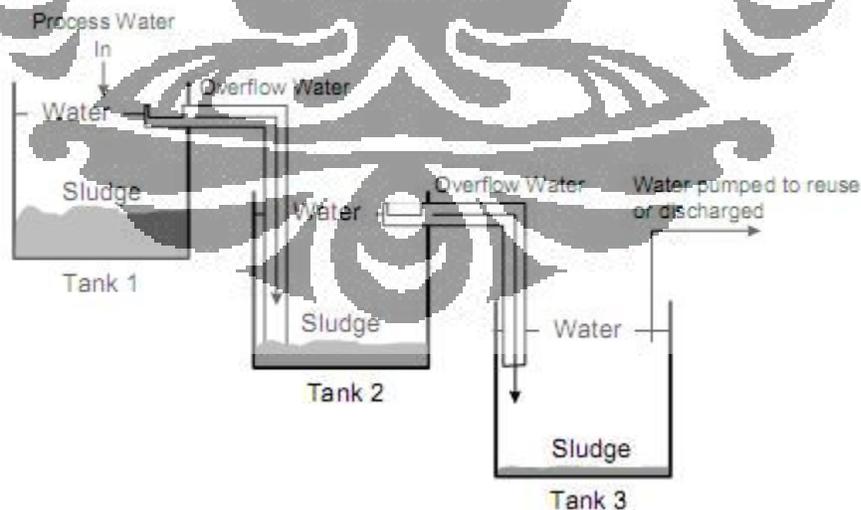
2.6 Separator Pemisah Biodiesel-Air

Separator yang digunakan dalam proses pemisahan biodiesel-air menggunakan prinsip *settling tank*. Berikut akan dibahas mengenai separator dengan prinsip *settling* dan *baffle* pada separator. Dalam proses pemisahan, parameter dalam sistem kendali memiliki empat elemen penting, yaitu:

- 1) Laju aliran air melalui sistem pengendalian
- 2) Waktu itu air dalam sistem
- 3) Ukuran / desain sistem
- 4) Kemampuan untuk menghapus *sludge*

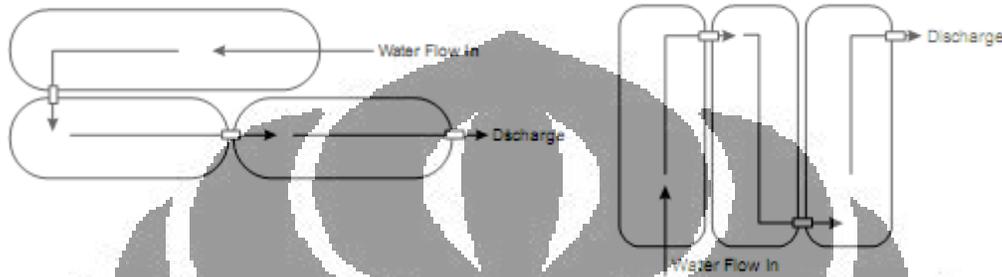
2.6.1 *Settling Tank*

Dalam sistem *settling*, air dipompa ke dalam tangki pertama kemudian perlahan meluap ke dalam tangki kedua dan ketiga terlihat pada gambar 2.10. Air menghabiskan banyak waktu dalam tangki masing-masing. Selama periode ini logam partikel mengendap di bagian bawah tangki. Sebagian air bergerak dari tangki ke tangki untuk pengurangan bertahap kandungan logam. Pada saat itu, air habis dan memiliki konsentrasi logam yang lebih rendah. Jika konsentrasi akhir masih terlalu tinggi air dapat diperlambat dalam tangki atau proses filtrasi dapat digunakan.



Gambar 2.10 Sistem *Settling* (Wikipedia, 2010)

Proses air dibiarkan mengalir melalui beberapa tangki pengendap. Ini berlaku efektif untuk *settling* lumpur dan partikel logam halus. Jika ada cukup logam lumpur dapat disempurnakan dan logam pulih untuk digunakan kembali. Air dari tangki ketiga mungkin cukup bersih untuk digunakan kembali. Di bawah ini adalah contoh aliran air melalui tiga sistem tangki.

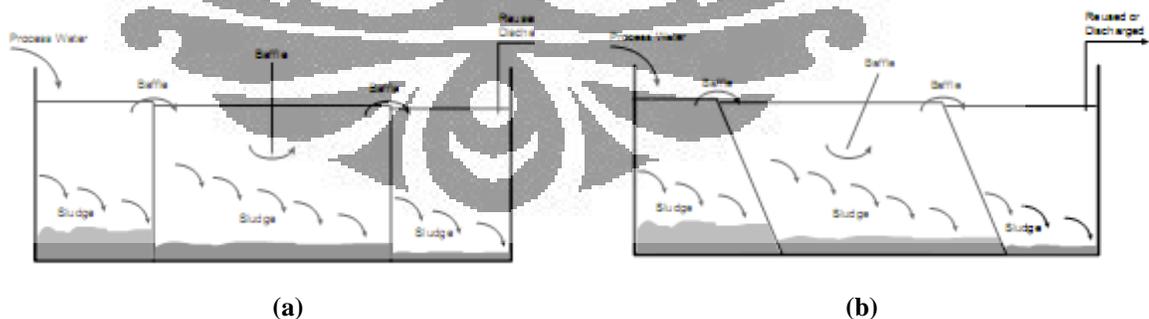


Gambar 2.11 Aliran air melalui tiga tangki (Wikipedia, 2010)

2.6.2 Baffle Tank System

Dalam sistem ini sebuah tangki tunggal dibagi kedalam beberapa kompartemen menggunakan penghalang yang tegak lurus pelat atau *baffles* dapat terlihat pada gambar 2.12. *Baffles* memperlambat air turun dengan memaksa air mengalir dari atas, bawah atau sekitar. Ada dua sistem baffle utama:

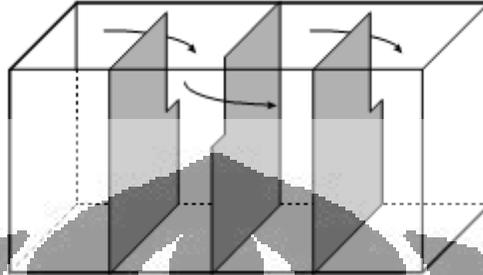
- 1) Desain mana air mengalir di atas dan / atau di atas *baffles*
- 2) Desain mana air mengalir ke kiri dan kanan *baffles*



Gambar 2.12 Desain *baffle* untuk air mengalir keatas (Wikipedia, 2010)

Dalam desain gaya pada gambar 2.12, air bergerak lebih dan di bawah *baffle*. Jika tangki terlalu dangkal lumpur akan terganggu. Salah satu alternatif untuk desain gaya

2.12a. Di sini *baffles* berbentuk siku, namun ini mungkin akan mengganggu penghapusan lumpur kecuali menggunakan *baffle*.



Gambar 2.13 Desain *baffle* untuk air mengalir ke kiri dan kanan *baffles* (Wikipedia, 2010)

Desain kedua pada gambar 2.13 memungkinkan air mengalir ke kiri dan kanan *baffle*. Lubang telah digunakan sebagai pengganti daerah yang terbuka. Ada banyak variasi dan desain *baffle* tangki. Satu catatan penting adalah bahwa *baffle* lebih, atau tangki lebih, tidak membuat sistem yang lebih efektif. Desain yang tepat akan mempertimbangkan aliran air, retensi waktu, ukuran / desain, dan penghapusan lumpur dalam suatu sistem

2.6.3 Hukum Stokes

Untuk suspensi cairan, hukum Stokes memprediksi kecepatan pengendapan bola kecil di fluida, baik udara atau air. Hal ini berasal karena kekuatan pasukan kental pada permukaan partikel menyediakan mayoritas angkatan perlambatan. hukum Stokes menemukan banyak aplikasi dalam ilmu alam, dan diberikan oleh:

$$w = \frac{2(\rho_p - \rho_f)gr^2}{9\mu} \quad \text{(Persamaan 2.1)}$$

dimana:

w adalah kecepatan pengendapan,

ρ adalah densitas (p subskrip dan f menunjukkan partikel dan cairan masing-masing),

g adalah percepatan karena gravitasi,

r adalah jari-jari partikel dan μ adalah viskositas fluida dinamis.

Hukum Stokes berlaku bila bilangan Reynolds , Re , partikel kurang dari 0,1. eksperimen hukum Stokes 'ditemukan untuk memegang dalam 1% untuk $Re \leq 0.1$, Dalam waktu 3% untuk $Re \leq 0.5$ dan $Re \leq 1.0$ dalam 9% . Dengan meningkatnya bilangan Reynolds, hukum Stokes mulai memecah karena inersia cairan, yang membutuhkan penggunaan solusi empiris untuk menghitung gaya tarik.

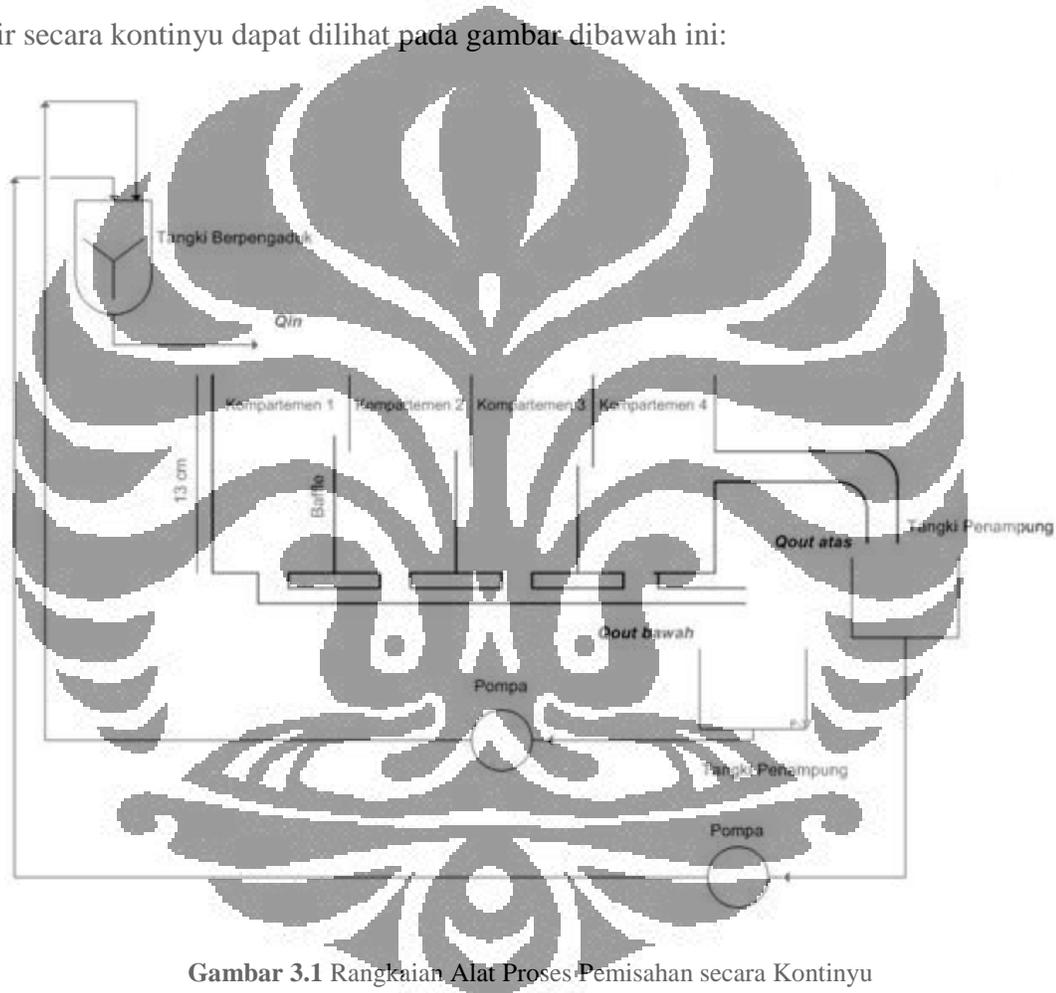
Faktor-faktor yang mempengaruhi stabilitas suspensi, antara lain adalah : ukuran partikel, sedikit banyaknya pergerakan partikel, tolak menolak antar partikel karena adanya muatan listrik pada partikel, dan konsentrasi suspensoid. Jika muatan partikel diabaikan maka faktor yang mempengaruhi stabilitas suspensi, dapat dilihat dari hukum Stokes berikut :

Dari persamaan hukum Stokes tersebut, terlihat bahwa laju sedimentasi serta faktor-faktor yang mempengaruhinya, sangat dipengaruhi oleh diameter partikel serta kandungan zat padat dalam sistem suspensoidnya. Semakin besar ukuran partikel serta semakin meningkat besar kandungan zat padat, maka kecepatan (laju) sedimentasi juga akan tinggi. Sebaliknya, semakin tinggi viskositas suatu sistem suspensoid, maka kecepatan (laju) sedimentasinya semakin kecil. Namun viskositas suspensoid yang terlalu besar juga bukan kondisi yang bagus, karena akan menyebabkan terjadinya caking dan suspensi sukar terdispersi kembali (Priyambodo, 2007):

BAB 3

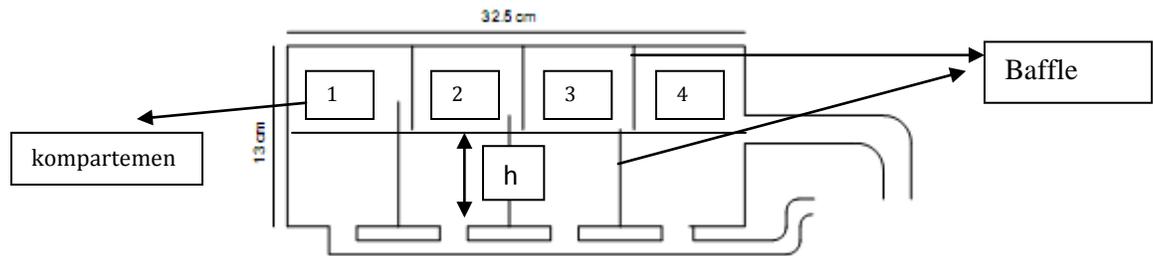
METODE PENELITIAN

Pemisahan sempurna biodiesel dan air diindikasikan dengan ketinggian biodiesel sebagai parameter utama keberhasilan pemisah. Proses pemisahan biodiesel-air secara kontinyu dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.1 Rangkaian Alat Proses Pemisahan secara Kontinyu

Gambar 3.1 menunjukkan bahwa proses pemisahan berjalan kontinyu yang terlihat bahwa aliran keluar biodiesel dan air ditampung dan dipompakan kembali kedalam tangki berpengaduk. Separator merupakan alat utama yang diamati untuk keberlangsungan proses pemisahan. Separator yang digunakan untuk proses pemisahan biodiesel-air yang telah didesain dengan sketsa dan dimensi, sebagai berikut



Gambar 3.2 Separator dengan Tiga *Baffle*

Separator yang terlihat pada gambar 3.2 adalah separator yang telah digunakan untuk penelitian Nasikin dkk., mengenai intensifikasi dan integrasi produk hilir kelapa sawit untuk mempercepat komersialisasi. Alat ini sebelumnya hanya digunakan untuk satu kondisi operasi saja. Untuk itu penelitian penting halnya untuk mengevaluasi dan menganalisis kinerja dari separator dalam pemisahan kontinyu.

3.1 Variabel Bebas dan Variabel Terikat

Variabel bebas yang divariasikan pada penelitian ini adalah :

- a. Variasi dan Ketinggian *baffle*
 - 3 *baffle* → 7,5cm;6,5cm;6,2cm
→ 4,5cm;4cm;3,5cm
 - 1 *baffle* → 4 cm
 - Tanpa *baffle*
- b. Rasio air terhadap biodiesel
- c. Laju alir dengan komposisi biodiesel dan air 1:1

Adapun variabel terikat pada penelitian ini adalah parameter yang akan diamati adalah ketinggian dari *baffle* (h), ketinggian dari biodiesel pada keluaran separator dalam cm serta laju alir keluaran biodiesel yang menjadi parameter proses pemisahan berlangsung secara kontinyu. Keluaran yang diharapkan adalah grafik untuk melihat pengaruh dari laju alir dan komposisi, dari biodiesel-air terhadap ketinggian biodiesel untuk setiap variasi *baffle*.

3.2 Alat dan Bahan

Alat:

1. Separator biodiesel
2. Selang plastik
3. Agitator
4. Pompa (2)
5. Gelas ukur 10ml, 50 ml, dan 100 ml
6. Penggaris
7. *Baffle*
8. Bak

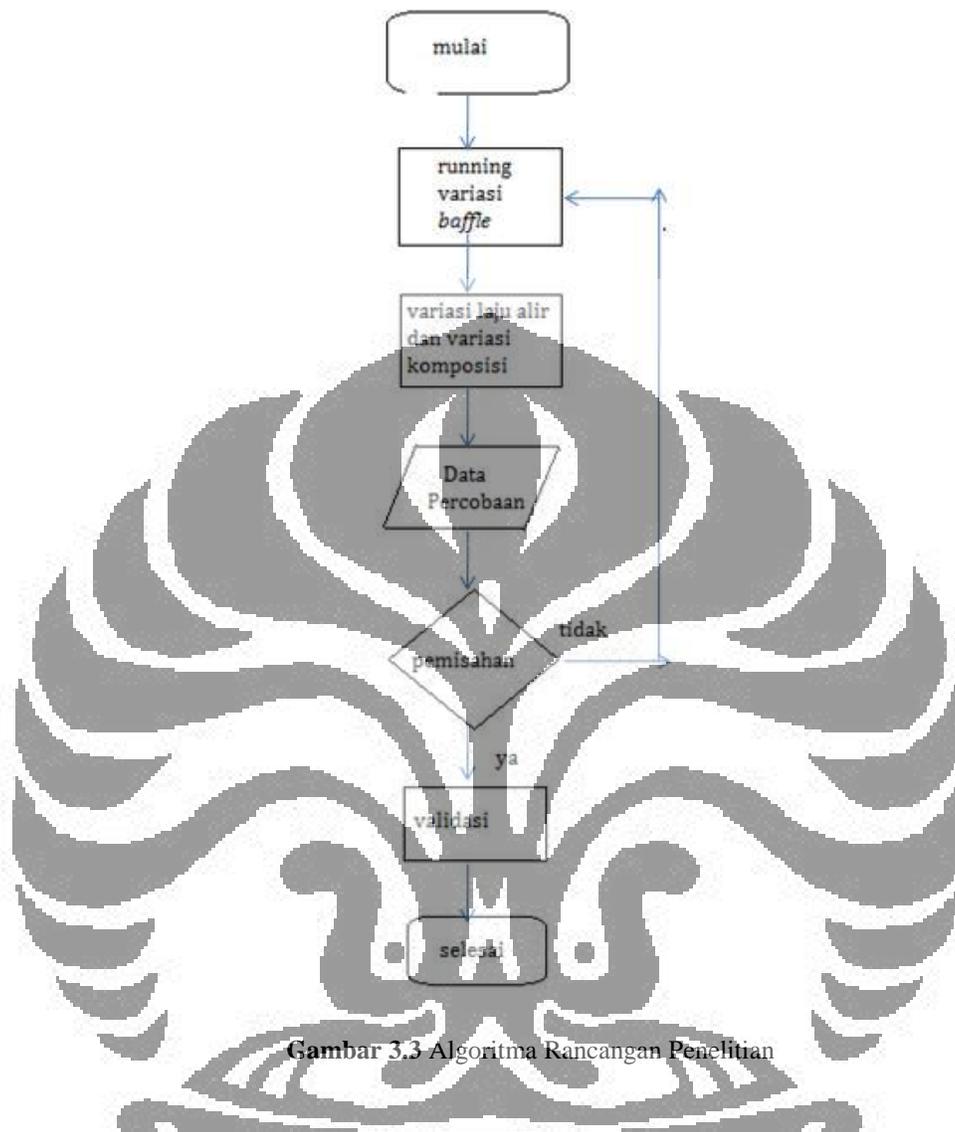
Bahan:

1. Biodiesel
2. Air

3.3 Prosedur Penelitian

Dari data percobaan yang diperoleh, dilakukan semacam seleksi data dimana data yang digunakan adalah data-data untuk pemisahan sempurna saja. Separator yang divariasikan adalah separator tanpa *baffle*, 1 *baffle*, dan 3 *baffle*. Pendekatan yang dilakukan untuk persamaan empiris adalah dengan menggunakan regresi linear.

Persamaan yang dihasilkan kemudian divalidasi dengan menggunakan data-data yang diperoleh dari percobaan. Parameter yang berpengaruh dalam proses validasi adalah R^2 . R^2 merupakan parameter yang menunjukkan penyimpangan data percobaan dengan linearisasi dari data. Nilai R^2 yang semakin mendekati 1 menandakan bahwa suatu persamaan valid. Sementara nilai R^2 yang semakin mendekati 0 menandakan bahwa persamaan tersebut tidak valid.



Gambar 3.3 Algoritma Rancangan Penelitian

3.3.1 Kalibrasi Bahan

a. Pengukuran Densitas Bahan

1. Mengukur massa piknometer kosong 10 ml
2. Mengisi air sampai penuh kedalam piknometer lalu ditutup serta mengukur massa piknometer 10ml + air
3. Mengisi biodiesel sampai penuh kedalam piknometer lalu ditutup serta mengukur massa piknometer 10ml + biodiesel
4. Menghitung densitas air dan biodiesel

b. Pengukuran Viskositas Bahan

Pengukuran viskositas biodiesel dan air dilakukan dengan menggunakan viskometer digital di Laboratorium Proses Kimia Dasar Departemen Teknik Kimia. Viskometer dengan model spindle LV-61 dilengkapi dengan kecepatan putaran dan torsinya.

3.3.2 Prosedur Separasi Biodiesel-Air

1. Mempersiapkan dan memasukkan biodiesel-air kedalam tangki berpengaduk
2. Menentukan variasi *baffle* yang digunakan
3. Menentukan komposisi kalibrasi dari biodiesel dan gliserol
4. Menentukan laju alir sentrifugasi biodiesel-gliserol
5. Memasang alat seperti gambar dibawah ini, dan dihubungkan ke kedua pompa agar proses berjalan secara kontinyu
6. Melakukan proses separasi hingga biodiesel dan air dapat keluar dari separator
7. Mencatat ketinggian dari *baffle* (h) dan ketinggian dari biodiesel pada keluaran separator (Δh) dalam cm
8. Mencatat laju alir keluaran biodiesel-air dari separator kedalam wadah pertama, dan kedua, serta mencatat waktu yang dibutuhkan untuk memisah.
9. Memvariasikan laju alir biodiesel-air dengan lima variasi agar didapatkan kecenderungan pengaruh laju alir terhadap ketinggian separator
10. Memvariasikan komposisi biodiesel-air dengan sepuluh variasi agar didapatkan kecenderungan pengaruh komposisi terhadap ketinggian separator
11. Jika langkah 1-9 telah selesai, melakukan penelitian yang sama terhadap ketiga variasi *baffle* lainnya

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Keseluruhan penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Proses Operasi Teknik (POT) lantai 1 Departemen Teknik Kimia Universitas Indonesia.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Alat Pemisah Kontinyu

Alat pemisah yang digunakan dalam penelitian ini sebelumnya telah digunakan oleh Nasikin dkk. dalam proses pembuatan biodiesel, namun hanya menggunakan kondisi operasi yang terbatas. Penelitian ini untuk proses pemisahan biodiesel-air, dengan menggunakan tangki berpengaduk dilengkapi agitator, separator dengan variasi *baffle*, dan pompa. Penggunaan separator bertujuan untuk mengevaluasi serta menganalisis kinerja dari alat pemisah dalam beberapa variasi dari variabel bebas. Variabel bebas yang digunakan adalah laju alir, dan komposisi biodiesel-air dalam *baffle* yang berbeda. Ketinggian *baffle* menjadi parameter utama apakah berhasil suatu alat memisahkan biodiesel atau sebaliknya. Gambar 4.1 adalah foto alat yang ada dalam laboratorium.



Gambar 4.1 Foto Alat

Alat utama yang dikaji pada penelitian ini yakni separator dalam bentuk kompartemen yang dilengkapi *baffle* sebagai pemisah antar kompartemen. Penggunaan *baffle* dalam kompartemen adalah untuk menghasilkan waktu tinggal yang lebih lama, sehingga diharapkan pemisahan biodiesel-air lebih sempurna. Semakin banyaknya kompartemen pada separator, maka produk yang dihasilkan akan semakin murni. Hal ini disebabkan waktu tinggal yang lebih lama jika dilakukan penambahan kompartemen. Proses kontinyu berlangsung karena biodiesel yang dihasilkan kemudian diarahkan ke sumber biodiesel yang ada lalu di-*recycle*. Proses pemisahan yang berlangsung akan bersifat kontinyu jika biodiesel terpisah pada tahap dua dan kembali ke tangki berpengaduk untuk mengalami siklus yang sama.

4.2 Analisis Percobaan

Alat pemisah yang digunakan khusus untuk proses pemisahan campuran dengan densitas yang berbeda, dalam hal ini adalah biodiesel dan air. Dengan adanya perbedaan densitas diantara keduanya, maka penggunaan *baffle* dengan ketinggian tertentu dapat membantu proses separasi/pemisahan dua campuran yang tidak saling larut. Pemisahan air dan biodiesel dilakukan dengan variasi *baffle*, laju alir, dan komposisi campuran tersebut. Ketinggian biodiesel dan air merupakan indikator utama pada kesempurnaan proses pemisahan ini.

4.2.1 Pengaruh *Baffle* pada Proses Pemisahan

Penelitian ini menggunakan empat variasi *baffle* dengan laju alir air dan komposisi sebagai variabel bebas. Penelitian pertama dengan menggunakan ketinggian *baffle* sebesar 7,5cm;6,5cm;6,2cm, namun menghasilkan air dan biodiesel yang tidak dapat memisah secara sempurna. Aliran yang keluar dari separator bagian atas seharusnya biodiesel, namun dihasilkan hanya air yang mengalir pada kompartemen terakhir. Akibatnya, biodiesel tidak dapat dipisahkan walaupun dengan menggunakan empat kompartemen. Hal ini disebabkan karena biodiesel mempunyai gaya hidrostatis yang terlalu tinggi sehingga biodiesel dan air bercampur dan turun melalui selang yang posisinya berada dibawah. Pemisahan tidak dapat berlangsung

secara kontinu disebabkan karena air adalah zat cair ideal yang bersifat tidak viskos sehingga air tidak memiliki kekuatan untuk melawan tegangan geser pada waktu bergerak. Kinerja separator dengan *baffle* ini kurang baik, maka perlu dirancang ketinggian *baffle* baru yang dapat memisahkan biodiesel-air. Untuk selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1 Hubungan antar Variabel Bebas

Jumlah Baffle	Tinggi Baffle (cm)	Rasio biodiesel terhadap air	Laju alir dengan Komposisi 1:1 maks (cc/s)	Keterangan
3	7,5 6,5 6,2	-	-	Tidak sempurna
3	4,5 4 3,5	1:11	6,42	Pemisahan cukup baik
1	- 4 -	1:13	-	Pemisahan sempurna
0	- - -	1:15	6,64	Pemisahan sempurna

Baffle kemudian diturunkan ketinggiannya menjadi 4,5cm;4cm;3,5cm yang diharapkan akan mampu memisahkan dua campuran yang tidak saling larut dalam kompartemen. Perbedaan densitas yang cukup besar antara biodiesel dan air menyebabkan pemisahan campuran ini tidak membutuhkan waktu tinggal yang lama karena pemisahan biodiesel dan air berlangsung cepat. Untuk itu ketinggian *baffle* diperkecil namun dengan jumlah kompartemen yang sama.

Penelitian ketiga dilakukan menggunakan satu *baffle* dengan ketinggian 4cm, sehingga kedua kompartemen tersebut mempunyai volume yang sama. Dari hasil pengamatan, biodiesel dan air dapat memisah secara sempurna karena adanya kesetimbangan biodiesel dan air. Pengurangan ketinggian *baffle* dengan jumlah kompartemen yang sama tetap menghasilkan waktu tinggal yang lama. Untuk itu jumlah kompartemen dikurangi dengan mengurangi jumlah *baffle*. Dari hasil penelitian ini, didapatkan dengan menggunakan satu *baffle* 4cm didapatkan hasil

pemisahan yang baik, namun masih terdapat sedikit air yang bercampur pada biodiesel.

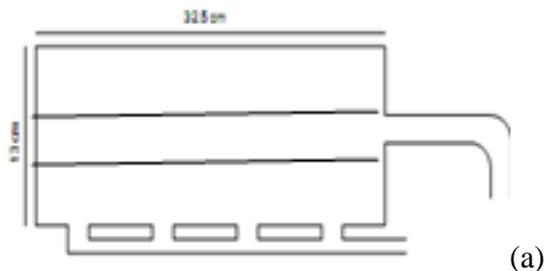
Penelitian keempat dilakukan tanpa *baffle* pada separator yang tersedia. Hal ini dilakukan untuk melihat pengaruh dari kinerja *baffle* dalam proses pemisahan campuran biodiesel-air pada separator yang lebih sederhana. Proses ini dapat membuat waktu menjadi efisien. Pada penelitian didapatkan bahwa proses pemisahan secara kontinyu berhasil dilakukan pada separator yang tidak dibantu dengan *baffle* dengan laju alir tertentu. Hal ini disebabkan karena pengaruh dari luas separator dan waktu tinggal biodiesel dan air pada separator jauh lebih singkat dibandingkan dengan menggunakan *baffle*.

Dengan menggunakan hukum stokes, terlihat bahwa yang mempengaruhi kecepatan pengendapan adalah densitas, viskositas, dan diameter partikel. Proses pemisahan biodiesel-air tidak membutuhkan waktu tinggal yang lebih lama. Separator yang diperlukan untuk memisahkan air dan biodiesel dirancang dengan tidak menggunakan *baffle* untuk kinerja yang optimal. Untuk pemisahan biodiesel-air diasumsikan semua variabel tetap, kecuali untuk membandingkan pemisahan biodiesel-air dan biodiesel-glisierol.

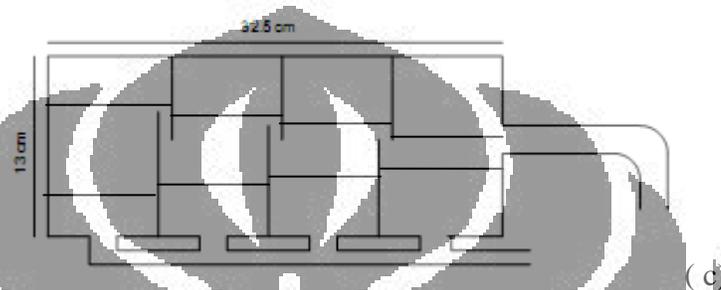
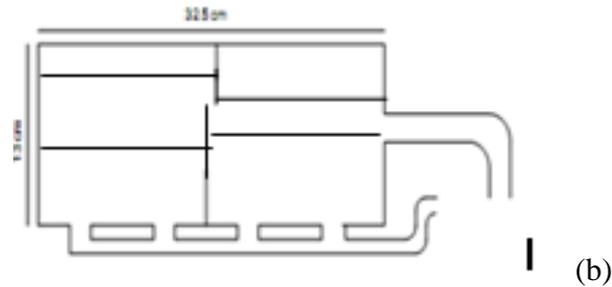
Dapat terlihat jika separator untuk pemisahan biodiesel-air yang paling baik adalah tanpa menggunakan *baffle*, sehingga jika kita lihat pada gambar dibawah ini untuk separator dengan menggunakan tiga *baffle*, satu *baffle*, dan tanpa *baffle*. Waktu tinggal dapat dihitung dengan persamaan 4.2 berikut:

$$t = \frac{\text{Volume}}{\text{laju alir}} \quad (\text{Persamaan 4.1})$$

Dibawah ini adalah gambar dari tiga variasi *baffle* yang digunakan, yaitu (a) tanpa *baffle*, (b) satu *baffle*, dan (c) untuk tiga *baffle*



(a)



Biodiesel terletak dilapisan atas karena lebih ringan daripada air. Dengan adanya *baffle* maka akan menghambat aliran biodiesel-air, sehingga campuran akan berada lebih lama dalam separator. Dengan persamaan 4.2 dapat dilihat pengaruh dari ketinggian *baffle* pada separator adalah

$$t = \frac{\text{Volume}}{\text{laju alir}}$$

Dimana $\text{Volume} = A \times h\text{-baffle}$ (Persamaan 4.2)

Sehingga jika diasumsikan diameter partikel tetap, maka ketinggian *baffle* yang berpengaruh pada volume dan akan mempengaruhi waktu tinggal. Selain itu juga berpengaruh pada kecepatan pengadukan hukum stokes. Proses pemisahan biodiesel yang berlangsung cepat inilah yang menyebabkan kinerja separator untuk proses pemisahan ini adalah tanpa menggunakan *baffle*.

4.2.2 Pengaruh Komposisi pada Proses Pemisahan

Adanya beberapa variasi komposisi yang berbeda dengan perbandingan mulai dari biodiesel dan air 1: 5 sampai 1: 50 memiliki profil yang berbeda yang dapat

terlihat pada tabel 4.2, tabel 4.3 dan tabel 4.4. Komposisi dalam hal ini adalah sebanding dengan laju alir masukan biodiesel dan air. Jika perbandingan komposisi antara biodiesel dan air terlalu jauh maka aliran bagian bawah pada separator akan mengeluarkan sebahagian besar air yang tercampur biodiesel. Pada penelitian ini, komposisi maksimal yang digunakan adalah 1:50, sementara komposisi optimum hingga pemisahan berlangsung sempurna berbeda tiap variasi *baffle*.

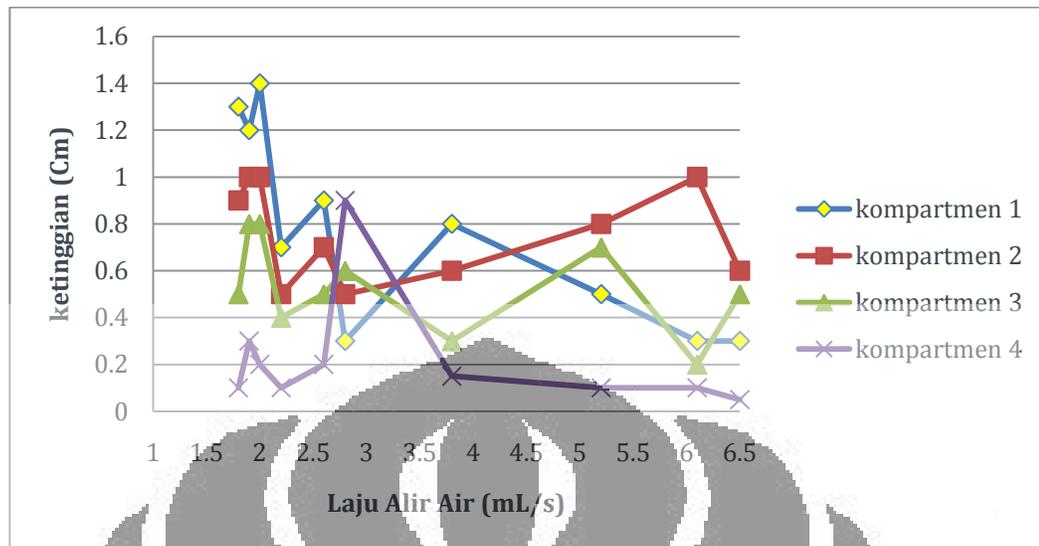
Perbedaan komposisi air yang terlalu jauh dengan biodiesel akan menyebabkan air mudah bercampur dengan biodiesel. Akibatnya, campuran akan bersifat polar sehingga densitas campuran ini akan mendekati densitas air yaitu 1. Berikut akan dijelaskan secara rinci tiap variasi *baffle*.

4.2.2.1 Variasi Komposisi pada Separator Tiga *Baffle*

Berdasarkan gambar 4.2 dibawah terlihat pada perbandingan komposisi biodiesel: air, sampai 1:11, pemisahan berlangsung sempurna. Ketinggian biodiesel terus menurun dari kompartemen satu menuju kompartemen empat. Hal ini sesuai dengan teori yang ada bahwa semakin banyak kompartemen untuk proses pemisahan maka biodiesel yang ada semakin sedikit di kompartemen terakhir.

Tabel 4.2 Hasil Penelitian dengan Komposisi Berbeda; tiga *baffle* yaitu 4,5cm;4cm;3,5cm.

No	Laju Alir Air (ml/s)	Laju Alir Biodiesel (ml/s)	h bio 1 (cm)	h bio 2 (cm)	h bio 3 (cm)	h bio 4 (cm)
1	1,8	0,25	1,3	0,9	0,5	0,1
2	1,9	0,25	1,2	1	0,8	0,3
3	2	0,25	1,4	1	0,8	0,2
4	2,2	0,25	0,7	0,5	0,4	0,1
5	2,6	0,25	0,9	0,7	0,5	0,2
6	2,8	0,25	0,9	0,5	0,6	0,3
7	3,8	0,25	0,8	0,6	0,3	0,15
8	5,2	0,25	0,5	0,8	0,7	0,1
9	6,1	0,25	0,3	1	0,2	0,1
10	6,5	0,25	0,3	0,6	0,5	0,05



Gambar 4.2 Pengaruh Komposisi Air terhadap Ketinggian Air dan Biodiesel: *Baffle* 4,5cm;4cm;3,5cm

Dapat terlihat pada gambar 4.2 bahwa pada kompartemen terakhir biodiesel semakin rendah namun biodiesel yang dihasilkan lebih murni dibanding ketiga kompartemen lainnya. Pemisahan dengan separator tiga *baffle* kurang memuaskan karena sedikit biodiesel yang keluar pada aliran keluaran atas separator. Akibatnya, produk yang terpisah semakin sedikit karena komposisi air yang terlalu besar terhadap biodiesel.

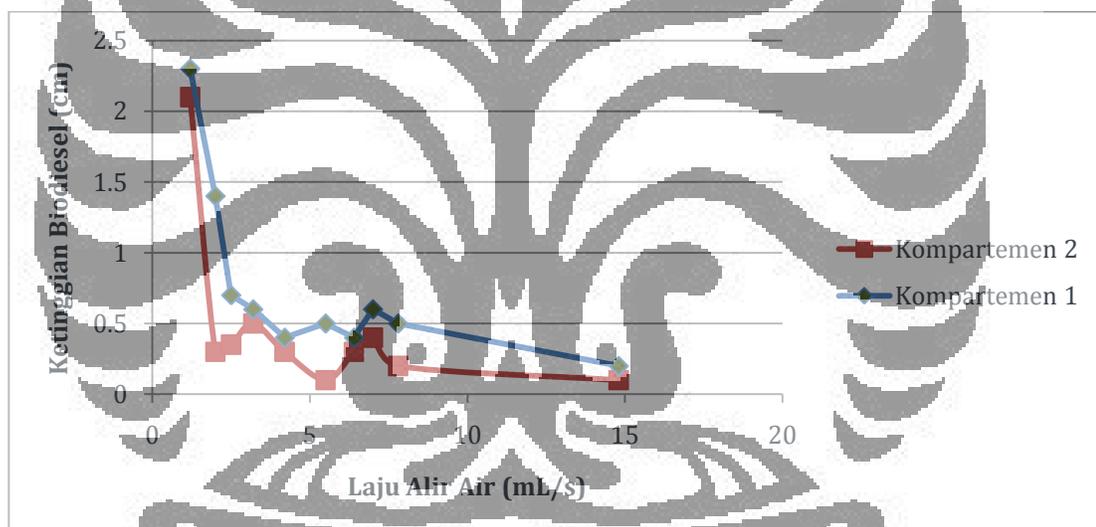
4.2.2.2 Variasi Komposisi pada Separator Satu *Baffle* 4cm

Penelitian selanjutnya dilakukan pada separator dengan menggunakan satu *baffle* dengan tinggi 4cm yang sama dengan tinggi keluaran untuk pemisahan ke tahap selanjutnya. Dari hasil penelitian didapatkan komposisi optimum hingga pemisahan berlangsung sempurna yaitu dengan komposisi biodiesel-air 1:13.

Berdasarkan gambar 4.3 dbawah, terlihat bahwa semakin tinggi komposisi air akan menghasilkan ketinggian biodiesel yang rendah dan ketinggian air yang semakin meningkat. Fenomena ini disebabkan karena densitas yang dihasilkan dari campuran ini semakin besar dan komposisi air lebih tinggi dibandingkan dengan biodiesel dalam separator. Hal tersebut yang memungkinkan pada tahap selanjutnya, aliran keluaran yang semestinya menghasilkan biodiesel, terganti dengan air.

Tabel 4.3 Hasil Penelitian dengan Komposisi Berbeda; 1 Baffle 4cm

No	Laju Alir Air (ml/s)	Laju Alir Biodiesel (ml/s)	h air (cm)	h air (cm)	h bio 1 (cm)	h bio 2 (cm)
1	1,2	0,25	1,9	1,9	2,3	2,1
2	2	0,25	3	4,2	1,4	0,3
3	2,5	0,25	3,7	4,2	0,7	0,35
4	3,2	0,25	3,7	4	0,6	0,5
5	4,2	0,25	3,9	4,1	0,4	0,3
6	5,5	0,25	4	4,5	0,5	0,1
7	6,4	0,25	4	4,2	0,4	0,3
8	7	0,25	3,8	4	0,6	0,4
9	7,8	0,25	4	4,4	0,5	0,2
10	14,8	0,25	4,6	4,6	0,2	0,1

**Gambar 4.3** Pengaruh Komposisi Air terhadap Ketinggian Biodiesel di Kompartemen 1 dan 2; Baffle 4cm

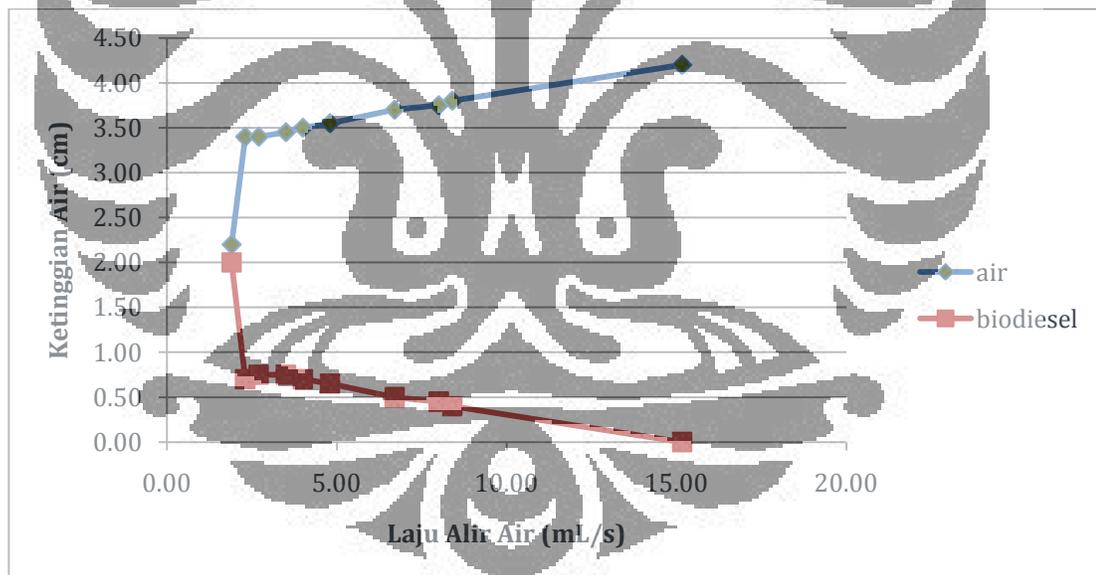
4.2.2.3 Variasi Komposisi pada Separator Tanpa Baffle

Separator yang digunakan tidak menggunakan *baffle* memiliki komposisi optimum biodiesel dan air dengan perbandingan 1: 15. Untuk itu pemisahan sempurna dihasilkan jika komposisi biodiesel dan air kurang dari 1: 15. Dapat terlihat dari ketiga penelitian bahwa perbandingan biodiesel dan air lebih dari 1: 30, maka aliran tahap atas yang keluar dari separator lebih banyak air dibandingkan biodiesel.

Untuk itu untuk mendapatkan hasil yang optimal, laju alir biodiesel dan air tidak melebihi batas minimum 1:15.

Tabel 4.4 Hasil Penelitian dengan Laju Alir Berbeda; *Tanpa baffle*

No	Laju Alir Air (ml/s)	Laju Alir Biodiesel (ml/s)	h air (cm)	h biodiesel-air (cm)	h biodiesel (cm)
1	1,90	0,25	2,20	4,20	2,00
2	2,30	0,25	3,40	4,20	0,70
3	2,70	0,25	3,40	4,20	0,75
4	3,50	0,25	3,45	4,20	0,75
5	4,00	0,25	3,50	4,20	0,70
6	4,80	0,25	3,55	4,20	0,65
7	6,70	0,25	3,70	4,20	0,50
8	8,00	0,25	3,75	4,20	0,45
9	8,40	0,25	3,80	4,20	0,40
10	15,17	0,25	4,20	4,20	0,00



Gambar 4.4 Profil Pengaruh Laju Alir Air terhadap Ketinggian Air dan Biodiesel; *tanpa baffle*

Sehingga berdasarkan variasi komposisi dapat dikatakan bahwa separator tanpa menggunakan *baffle* akan menghasilkan kinerja yang paling baik karena dapat memisahkan biodiesel air dengan komposisi yang paling optimal. Pada gambar 4.4 terlihat bahwa ketinggian biodiesel turun secara linier terhadap laju alir air.

4.2.3 Pengaruh Laju Alir dengan komposisi 1:1 terhadap Ketinggian Biodiesel

Dalam kebanyakan kasus, pencucian biodiesel dengan air pencucian berlangsung dalam waktu lebih dari 10 menit. Jika dengan pengecualian diasamkan air pencuci yang membutuhkan 30 menit untuk mengurangi sampai maksimum sesuai referensi *Europian Standard* EN 14214. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu tidak memiliki pengaruh terhadap penghilangan gliserol oleh air pencucian. Beberapa hal serupa terjadi dengan bergantung pada kecepatan agitasi dan rasio biodiesel/air. Dengan demikian kondisi terbaik secara keseluruhan untuk pencucian air adalah paling ekonomis kondisi: suhu ambien, 200 rpm dan rasio biodiesel banding air, yaitu 1:0.5 atau 1:1.

Pada variasi laju alir hanya menggunakan dua variasi *baffle*, yaitu *baffle* dengan ketinggian 4,5cm;4cm;3,5cm dan tanpa *baffle*. Dari hasil penelitian dengan variasi *baffle* yang keduanya menggunakan komposisi yaitu 1:1 dengan laju alir yang berbeda, hal ini sesuai dengan referensi bahwa pemisahan akan berlangsung dengan sempurna dengan menggunakan perbandingan antara biodiesel dan air yang lebih kecil. Selain itu pengadaan air yang jumlahnya lebih banyak dibandingkan dengan biodiesel. Penelitian sebelumnya dilakukan dengan menggunakan variasi komposisi laju alir 2:3, namun hasil yang didapatkan kurang optimal karena biodiesel dan air memiliki densitas yang lebih besar dibandingkan 1:1. Biodiesel di kompartemen pertama memang terlihat banyak jumlahnya namun sebenarnya itu adalah campuran antara biodiesel dan air. Pada kompartemen terakhir, biodiesel semakin berkurang namun itu adalah produk biodiesel yang sesungguhnya.

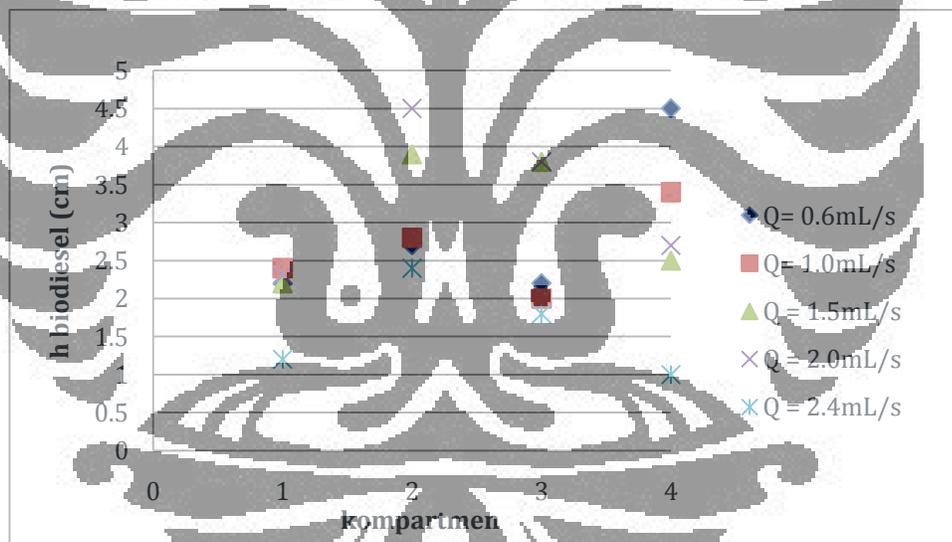
4.2.3.1 Variasi Laju Alir pada Separator Tiga *Baffle*

Dengan menggunakan separator dengan menggunakan tiga *baffle*, yaitu 4,5cm;4cm;3,5cm, maka didapatkan data seperti diatas yang terlihat pada Gambar 4.5. bahwa perbandingan ketinggian biodiesel pada tiap kompartemen dengan laju alir berbeda namun dengan komposisi yang sama yaitu 1:1. Pada kompartemen satu didapatkan semakin tinggi laju alir biodiesel dan air, maka ketinggian biodiesel pada kompartemen akan semakin rendah. Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan

bahwa jika laju alir lebih rendah maka waktu tinggal biodiesel dalam separator semakin lama mengakibatkan proses pemisahan campuran tersebut akan terus terjadi dan membentuk dua lapisan.

Tabel 4.5 Hasil Penelitian dengan Komposisi Laju Alir Air dan Biodiesel 1:1; 3 Baffle

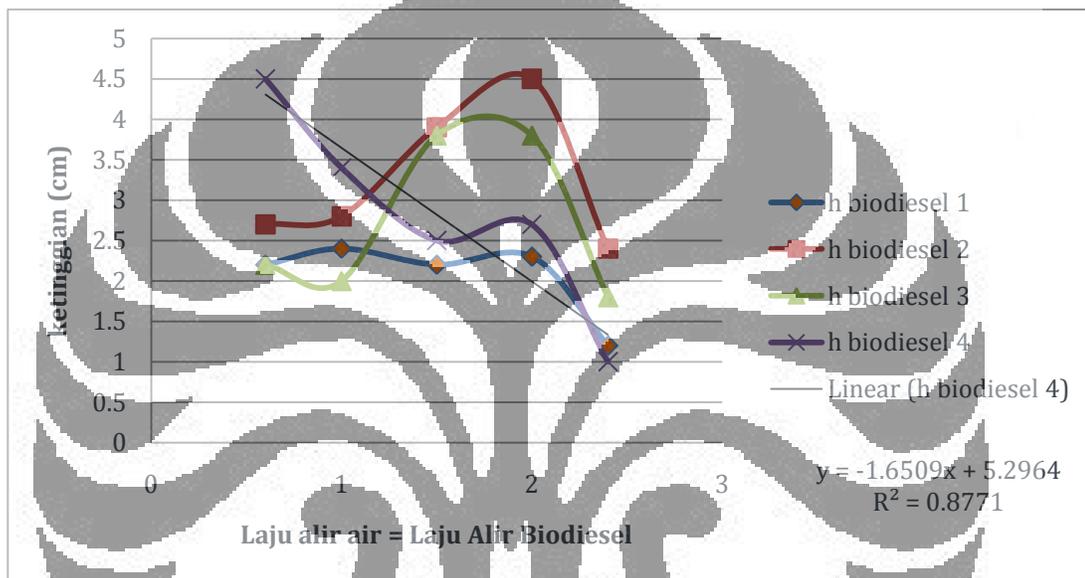
No	Laju Alir Air (ml/s)	Laju Alir Biodiesel (ml/s)	h bio 1 (cm)	h bio 2 (cm)	h bio 3 (cm)	h bio 4 (cm)
1	0,6	0,6	4,5	2,2	2,7	2,2
2	1	1	3,4	2	2,8	2,4
3	1,5	1,5	2,5	3,8	3,9	2,2
4	2	2	2,7	3,8	4,5	2,3
5	2,4	2,4	1	1,8	2,4	1,2



Gambar 4.5 Ketinggian vs Kompartemen untuk tiap laju alir dengan komposisi 1:1

Begitu halnya pada kompartemen dua dan tiga, namun untuk laju alir yang rendah yaitu 0.6 dan 1ml/s didapatkan data yang tidak akurat karena ketinggian biodiesel pada kompartemen dua lebih tinggi dari pada kompartemen satu. Hal ini disebabkan karena adanya kesalahan pembacaan dari biodiesel dan air yang terbaca pada pengukuran manual millimeter. Selain itu, karena terlalu lamanya waktu tinggal, biodiesel untuk berpindah ke kompartemen tiga. Dapat terlihat pada kompartemen

tiga bahwa ketinggian biodiesel telah meningkat sesuai dengan teori yang ada. Sensivitas alat ini terlihat pada laju alir yang terlalu rendah sehingga untuk alat pemisah dengan spesifikasi yang ada, laju alir yang sesuai dengan teori adalah 1,5 sampai 2,4 ml/s. Laju alir biodiesel dan air dengan komposisi 1:1 tersebut membuktikan bahwa pada setiap kompartemen, laju alir yang lebih tinggi akan berbanding terbalik dengan ketinggian biodiesel yang dihasilkan dan berbanding lurus dengan ketinggian air.



Gambar 4.6 Pengaruh Laju Alir pada Komposisi 1:1 terhadap Ketinggian Biodiesel

Pada kompartemen terakhir membawa biodiesel menuju aliran keluar tahap atas untuk biodiesel yang akan berlanjut ke dalam tangki penampung (gelas reaksi) kemudian mengalir ke sumber biodiesel untuk masukan tangki berpengaduk sederhana. Pada kompartemen keempat, terlihat bahwa semakin rendah komposisi laju alir yang masuk kedalam tangki berpengaduk, maka ketinggian biodiesel yang terlihat akan semakin tinggi seperti fenomena pada kompartemen satu.

Pada Gambar 4.6, terlihat bahwa ketinggian biodiesel pada kompartemen pertama menurun. Jika merujuk kepada teori yang ada seharusnya ketinggian biodiesel pada kompartemen inilah seharusnya meningkat. Hasil dari data penelitian didapatkan bahwa ketinggian biodiesel pada kompartemen satu lebih rendah

dibandingkan dengan kompartemen dua, tiga, dan empat. Hal ini disebabkan karena proses berjalan secara kontinyu, dan pada kompartemen satu adalah tempat dimana biodiesel dan air bercampur setelah dipanaskan dalam tangki berpengaduk sederhana dengan agitator. Sehingga air dan biodiesel akan terus turun dan menyebabkan adanya pusaran pada kompartemen satu. Selain itu, ketinggian *baffle* yang membagi separator menjadi tiga bagian juga berbeda ketinggiannya yaitu 4,5cm;4cm;3,5cm, sehingga biodiesel yang terdapat pada kompartemen terakhir akan lebih sedikit namun dalam keadaan murni yang akan berlanjut ke tahap pemisahan selanjutnya. Hal inilah yang menyebabkan ketinggian biodiesel pada kompartemen satu cenderung menurun.

Pada laju alir 0,5 ml/s dan 1ml/s terlihat bahwa ketinggian biodiesel pada kompartemen empat lebih tinggi dibandingkan kompartemen sebelumnya. Hal ini disebabkan kemungkinan karena laju alir air keluaran air yang terlalu kecil sehingga menyebabkan air menekan ke atas dan menghasilkan jumlah air yang terlalu banyak pada kompartemen empat. Seperti yang telah kita ketahui bahwa air menekan ke segala arah. Jika laju keluaran air terhambat, maka air akan berpindah ke atas dan masuk kedalam kompartemen empat. Namun jika laju alir keluaran air terlalu besar, maka biodiesel dan air akan mudah untuk keluar melalui keluaran tersebut. Hasil yang didapatkan kurang baik, sehingga untuk kinerja yang lebih baik dilakukan penelitian dengan menggunakan separator tanpa *baffle*.

Dari grafik dengan menggunakan persamaan grafik linierisasi dengan $r=0,8771$ sehingga diasumsikan persamaan ini cukup linier.

$$y = -1,6509x + 5,2964 \quad (\text{Persamaan 4.3})$$

Ketinggian biodiesel < 0 cm maka pemisahan masih dapat berlangsung. Dengan menggunakan spesifikasi separator yang dengan dimensi dan sketsa yang dirancang khusus untuk penelitian ini, maka laju alir optimum dengan komposisi 1:1 adalah:

$$y = -1,6509x + 5,2964$$

$$0 \text{ cm} = -1,6509x + 5,2964$$

$$1,6509 x = 5,2964$$

$$x = 3,21 \text{ ml/s}$$

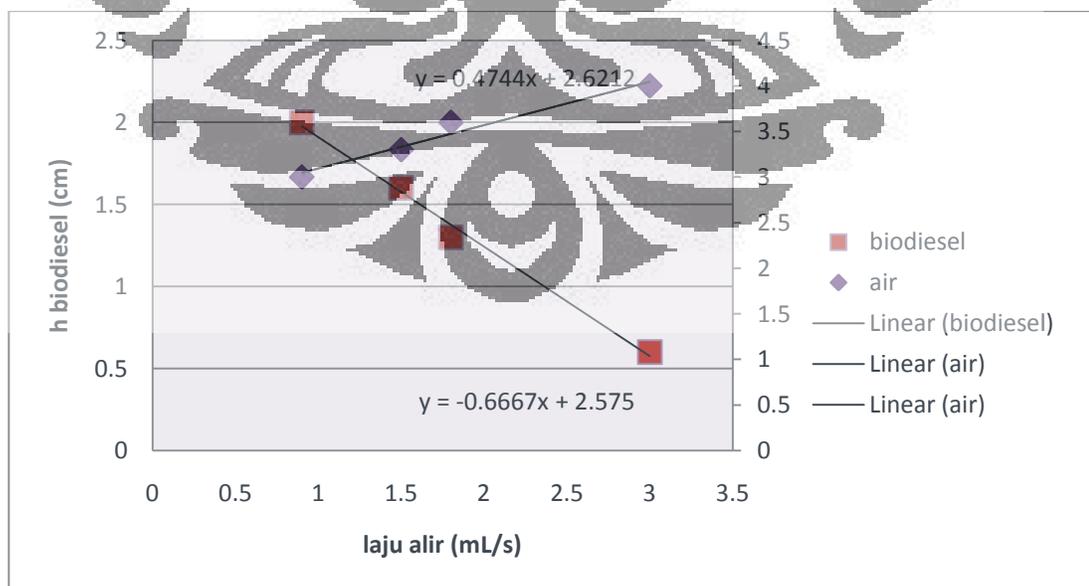
Jika laju alir melebihi 3,21 ml/s, maka ketinggian biodiesel adalah 0 sesuai dengan persamaan grafik pada gambar 4.6 secara linierisasi untuk ketinggian biodiesel di kompartemen 4. Maka laju alir optimal untuk memisah sempurna adalah 3,21 ml/s, sehingga total laju produk yaitu 6,42ml/s.

4.2.3.2 Variasi Laju Alir pada Separator Tanpa Baffle

Dari penelitian tanpa menggunakan *baffle*, air dan biodiesel dapat dipisahkan secara sempurna dengan perbandingan 1:1 pada laju alir yang berbeda. Pada gambar 4.7 dapat terlihat bahwa semakin rendah laju alir, maka pemisahan berlangsung secara lebih sempurna dengan menghasilkan biodiesel dengan kuantitas lebih banyak. Ketinggian biodiesel menurun secara linier dengan meningkatnya komposisi laju alir air air dan biodiesel.

Tabel 4.6 Hasil Penelitian dengan Laju Alir Air dan Biodiesel sama; Tanpa baffle

No	Laju Alir Air (ml/s)	Laju Alir Biodiesel (ml/s)	h air (cm)	h biodiesel-air (cm)	h biodiesel (cm)
1	3,2	3,0	4,0	4,6	0,6
2	2,2	1,8	3,6	4,9	1,3
3	1,5	1,5	3,3	4,9	1,6
4	1,2	0,9	3,0	5,0	2,0



Gambar 4.7 Pengaruh Laju Alir pada Komposisi 1:1 pada h biodiesel; Tanpa baffle

Pada penelitian ini, ada laju alir maksimum 3,2 ml/s didapatkan pemisahan yang kurang sempurna karena pada aliran keluaran biodiesel yang keluar bercampur dengan air. Densitas dari keempat variasi komposisi laju alir ini adalah sama, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi variasi laju alir terhadap alat ini maka pemisahan semakin tidak sempurna. Sehingga dari hasil penelitian sesuai dengan teori bahwa jika laju alir diperbesar maka komposisi air dalam separator semakin besar dan berbanding terbalik dengan komposisi biodiesel dalam air.

Dari grafik dengan menggunakan persamaan grafik linierisasi dengan $r=0,9617 \approx 1$ sehingga diasumsikan persamaan ini linier.

$$y = 0,4744x + 2,6212 \quad (\text{Persamaan 4.4})$$

Karena ketinggian pipa keluaran setinggi 4.2 cm maka ketinggian air dan biodiesel maksimum juga 4.2 cm. Dengan menggunakan spesifikasi separator yang ada, maka laju alir optimum dengan komposisi 1:1 adalah:

$$y = 0,4744x + 2,6212$$

$$4,2\text{cm} = 0,4744x + 2,6212$$

$$0,4744 x = 1,5788$$

$$X = 3,32 \text{ ml/s}$$

Jika laju alir melebihi 3,32 ml/s, sesuai dengan persamaan grafik pada gambar 4.7 secara linierisasi maka tidak ada biodiesel yang keluar untuk menuju keluaran aliran atas. Sehingga laju alir produk yaitu 6,64ml/s.

4.3 Perbandingan Pemisahan Biodiesel dengan Air dan Gliserol

Jika dibandingkan antara pemisahan biodiesel-air dan biodiesel-gliserol terlihat jelas perbedaannya. Hal ini dipengaruhi karena perbedaan densitas diantara keduanya. Biodiesel-air memiliki perbedaan densitas yang lebih rendah dibandingkan air yaitu 0,17 dengan 0,29. Densitas inilah yang membedakan profil pemisahan pada separator. Pemisahan biodiesel-air tidak dapat dilakukan jika menggunakan *baffle* dengan ketinggian lebih dari tinggi aliran keluar pada kompartemen akhir. Untuk itu, pemisahan biodiesel-air membutuhkan *baffle* yang rendah atau bahkan tanpa *baffle*. Namun berbeda dengan pemisahan gliserol-biodiesel memerlukan *baffle* yang tinggi.

Jika proses pemisahan ini dilakukan pada separator yang tidak memiliki *baffle* maka proses pemisahan tidak dapat berlangsung karena waktu yang dibutuhkan untuk proses pemisahan ini cukup lama. Sehingga membutuhkan beberapa tahap untuk memisahkan dua campuran yang tidak saling larut ini dengan densitas yang lebih besar.

Pada proses pemisahan biodiesel-gliserol, penyatuan butiran-butiran hingga menjadi gliserol dan mengendap membutuhkan waktu satu jam lebih. Untuk alasan inilah pengadukan dibuat semakin melambat seiring waktu proses yang berjalan. Meskipun pengadukan pada tiap percobaan berbeda, tetapi tetap diasumsikan sama selama aliran tersebut laminar. Dapat disimpulkan bahwa perbedaan densitas mempengaruhi profil dari proses pemisahan campuran yang tidak saling larut. Dalam penelitian ini, komposisi laju alir antara biodiesel-air adalah 1:1, sementara biodiesel-gliserol adalah 1:10. Hal ini dapat menginterpretasikan bahwa perbedaan densitas biodiesel-gliserol jauh lebih tinggi dari biodiesel-air. Sehingga pemisahan biodiesel-air memerlukan waktu yang relatif lebih cepat bahkan tidak memerlukan banyak tahap dalam proses pemisahan.

Tabel 4.7 Perbedaan pemisahan biodiesel-air dan biodiesel-gliserol

Biodiesel- Air	Biodiesel- Gliserol
Waktu tinggal yang dibutuhkan untuk memisah secara sempurna cukup singkat (10-40 menit)	Waktu tinggal yang dibutuhkan untuk memisah sempurna lama (2-3 jam)
Kinerja separator yang paling baik adalah separator tanpa <i>baffle</i> dan hanya satu <i>baffle</i> yang rendah	Kinerja separator yang paling baik adalah separator dengan menggunakan tiga <i>baffle</i> 7,5cm;7cm;6,5cm
Viskositas air $8,90 \times 10^{-4}$ Pa•s	Viskositas gliserol 1,5 Pa.s
Perbedaan densitas $\pm 0,17$	Perbedaan densitas $\pm 0,32$
Komposisi yang digunakan 1:1	Komposisi yang digunakan 10:1

Dengan menggunakan hukum stokes, terlihat bahwa yang mempengaruhi kecepatan pengendapan adalah densitas, viskositas, dan diameter partikel. Proses pemisahan biodiesel-air tidak membutuhkan waktu tinggal yang lebih lama. Separator yang diperlukan untuk memisahkan air dan biodiesel dirancang dengan tidak menggunakan *baffle* untuk kinerja yang optimal. Untuk pemisahan biodiesel-air dan biodiesel-gliserol, terlihat bahwa perbedaan densitas biodiesel-gliserol jauh lebih tinggi dibandingkan dengan biodiesel-air yang seharusnya menyebabkan pemisahan biodiesel-gliserol lebih mudah untuk dilakukan. Namun adanya variabel lain seperti viskositas yang mempengaruhi waktu tinggal proses pemisahan. Dengan persamaan 4.5, dapat terlihat bahwa:

$$w = \frac{2(\rho_p - \rho_f)gr^2}{9\mu} \quad (\text{Persamaan 4.5})$$

$$w \approx \Delta\rho$$

$$w \approx 1/\mu$$

dimana:

w adalah kecepatan pengendapan,

ρ adalah densitas (p subskrip dan f menunjukkan partikel dan cairan masing-masing),

g adalah percepatan karena gravitasi,

r adalah jari-jari partikel dan μ adalah viskositas fluida dinamis.

Hal inilah yang menyebabkan pemisahan biodiesel-gliserol membutuhkan waktu tinggal dalam separator yang lebih lama karena viskositas antara campuran berbeda jauh. Untuk mengatasi hal ini, separator untuk pemisahan biodiesel-air akan lebih baik jika tanpa menggunakan *baffle*. Sebaliknya, untuk pemisahan biodiesel-gliserol dibutuhkan waktu tinggal yang lama. Dengan separator yang sama, untuk mengatasinya dengan cara memodifikasi dengan menggunakan *baffle* dengan ketinggian tertentu sehingga volume akan bertambah. Hal ini akan menghasilkan waktu tinggal yang lebih lama dalam separator.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Untuk separator dengan dimensi 13cm x 32.5cm yang digunakan untuk proses pemisahan biodiesel dan air didapatkan beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Pemisahan sempurna terjadi apabila separator yang digunakan menggunakan separator tanpa *baffle* karena proses pemisahan biodiesel-air tidak memerlukan waktu tinggal yang lama untuk memisah.
2. Penambahan laju alir air menyebabkan pemisahan yang semakin tidak sempurna dengan ditunjukkan oleh ketinggian biodiesel pada separator yang semakin rendah.
3. Komposisi Optimum antara biodiesel dan air adalah 1:15 untuk dapat memisah sempurna pada separator tanpa *baffle*. Hal ini disebabkan semakin tingginya kandungan air maka akan semakin tinggi pula ketinggian air pada separator yang mengindikasikan pemisahan tidak sempurna.
4. Kinerja separator yang paling baik untuk memisah sempurna adalah separator tanpa *baffle* dengan komposisi biodiesel-air 1:1, dan laju alir optimum produk adalah 6.64 ml/s.
5. Pemisahan biodiesel-gliserol membutuhkan waktu tinggal yang lebih lama dan *baffle* yang lebih tinggi dibandingkan dengan pemisahan biodiesel-air. Hal ini disebabkan oleh perbedaan densitas dan viskositas antara biodiesel-air dan biodiesel-gliserol.

5.2 Saran

1. Sebaiknya penelitian ini dilakukan dengan pengumpulan data yang lebih banyak sehingga persamaan yang dihasilkan akan lebih akurat.
2. Untuk pemisahan biodiesel-air yang berlangsung cepat sehingga separator memiliki kinerja yang lebih baik jtanpa menggunakan *baffle*.
3. Apabila pendekatan neraca massa dan prinsip Bernoulli ingin diterapkan dikeseluruhan jenis pemisahan, maka ukuran *settler*, tinggi dan jumlah *baffle* harus dibuat sama sehingga dapat dibandingkan. Apabila kondisi yang diterapkan untuk masing-masing pemisahan tidak sama, maka pendekatan yang sama tidak dapat diaplikasikan. Dalam penelitian ini, pendekatan yang digunakan adalah hukum stikes untuk dua cairan.



DAFTAR PUSTAKA

- Budiman, Arief. *Teknik Kimia UGM Berhasil Kembangkan Teknologi Proses Produksi Biodiesel Secara Kontinyu*. 2009.
- Dinata, Indah. *Industri Biodiesel*. 21 Oktober 2010
<http://indah4din4t4.wordpress.com/2009/12/30/industri-biodiesel/>.
- Gozan, Misri; Praswasti PDK Wulan; Achmadin Luthfi. *Penggunaan Biokatalis Membran Reaktor pada Proses Produksi Biodiesel Secara Kontinyu untuk Meningkatkan Efisiensi*. Dikti-Hibah Bersaing 2007.
- Maulana, Andry. *Pembuatan Biodiesel dari CPO*. 23 November 2010.
<http://ams-bloq.blogspot.com/2008/10/pembuatan-biodiesel-dari-cpo.html>
- Nasikin, Muhammad. 2010. *Intensifikasi dan Integrasi Produk Hilir Kelapa Sawit untuk Mempercepat Komersialisasi*. Laporan Riset Unggulan Strategis Nasional. DIKTI.
- Sutijan, Ratna Dewi Kusumaningtyas, Dyah Retno Sawitri, Arief Budiman. *Produksi Biodiesel sistem kontinue -Reactive Distillation*. 14 September 2010
<http://scientificindonesia.wordpress.com/produksi-biodiesel-sistem-kontinue-reactive-distillation/>.
- Retno, Mita. 2009. Formulasi Suspensi Siprofloksasin Menggunakan Suspending Agent Pulvis Gummi Arabici.
- Takeuchi, Yoshito. Metoda pemisahan standar. 2009. http://www.chem-is-try.org/materi_kimia/kimia_dasar/pemurnian-material/metoda-pemisahan-standar/. (19 september 2010)
- Van De Vusse, J.G.(1962). A new model for the stirred tank reactor. *Chern Eng.Sci.* 17:507-521.

Wenten, I Gede and Hayati Nasution, Mala.2010. *Review Proses Produksi Biodiesel dengan Menggunakan Membran Reaktor*. Seminar Rekayasa Kimia dan Proses 2010, 4-5 Agustus 2010, Jurusan Teknik Kimia Fak.Teknik UNDIP Semarang.

Web Chem-Is-Try. *Variabel Desain Kimia Industri*. 03 November 2010.
http://www.chem-is-try.org/materi_kimia/kimia-industri/limbah-industri/variabel-design/

Web Institut Pertanian Bogor. *Teknologi Biodiesel*. 22 Oktober 2010
<http://iirc.ipb.ac.id/jspui/bitstream/123456789/41433/4/Bab%20II%202007ais.pdf>

Web Scribd. *Mekanika Fluida*. 13 November 2010
<http://www.scribd.com/doc/13159482/mekanika-fluida>

Web Scribd. *Teknologi Biodiesel*. 15 November 2010
<http://www.scribd.com/doc/22483147/Teknologi-Biodiesel>

Wikipedia, the free encyclopedia. (n.d.). *Biodiesel*. 3 November 2010.
<http://id.wikipedia.org/wiki/Biodiesel>

Xu, G.J., Li, Y.M., Hou.Z, Feng, L.F. & Wang, K. (1997). Gas liquid dispersion and mixing characteristic and heat transfer in a stirred vessel. *Canadian Journal of Chem Eng* volume 1. 299-306.

LAMPIRAN
A
DATA HASIL PENELITIAN

Dimensi Separator Tanpa *Baffle*

panjang alas	31,2	cm
lebar alas kecil	5	cm
lebar alas besar	9	cm

Dimensi Separator 1 *Baffle*

	kompertemen	
	1	2
panjang alas	16,2	15,7
lebar alas	5	5
tinggi baffle	4 cm	

Dimensi Separator 3 *Baffle*

	Kompertemen			
	1	2	3	4
panjang alas	7,5	8,35	8,2	8,2
lebar alas kecil	5	5	5	5
lebar alas besar	9	9	9	9
tinggi baffle	4,5 cm; 4 cm; 3,5 cm			

Keterangan:

Pemisahan sempurna : 1 → air dan biodiesel dapat memisah pada kompartemen, tahap 1 dan tahap 2 (kontinyu)

Pemisahan cukup sempurna : 2 → pemisahan air dan biodiesel hanya memisah pada kompartemen dan tahap 1

Pemisahan kurang sempurna : 3 → air dan biodiesel bercampur, namun masih terlihat perbedaan warnanya antar biodiesel-air pada kompartemen 1 dan 2

Pemisahan tidak sempurna : 4 → air dan biodiesel bercampur sehingga sulit untuk dipisahkan

A.1 Penelitian pertama : baffle 7,5cm;6,5cm;6,2cm , Variasi laju alir

Laju Alir Air (ml/s)	Laju Alir Biodiesel (ml/s)	h air (cm)	Δh_1 (cm)	Δh_2 (cm)	Δh_3 (cm)	Δh_4 (cm)	Tarutan C	Reaksi
2,3	0,25	3	5,3	4,7	3,5	2,5	35	Batch
5,5389	0,25	3,2	5	4,6	3,2	2,4	32	Batch
10	0,25	4,1	4	3,6	2,7	1,6	35	Batch

A.2 Penelitian kedua : *baffle* 4,5cm;4cm;3,5cm ,

a. Variasi laju alir

No	Laju Alir Air (ml/s)	Laju Alir Biodiesel (ml/s)	h air 1 (cm)	h air 2 (cm)	h air 3 (cm)	h air 4 (cm)	h bio 1 (cm)	h bio 2 (cm)	h bio 3 (cm)	h bio 4 (cm)	waktu tinggal (s)	T larutan C	Keterangan
1	1,8	0,25	2,7	3,1	3,55	4,1	1,3	0,9	0,5	0,1	735	34	1
2	1,9	0,25	3,2	3,5	3,6	4,3	1,2	1	0,8	0,3	780	30	1
3	2	0,25	3,1	3,6	3,6	4,3	1,4	1	0,8	0,2	720	40	1
4	2,2	0,25	3,7	3,8	4	4,4	0,7	0,5	0,4	0,1	840	41	1
5	2,6	0,25	3,5	3,7	4	4,2	0,9	0,7	0,5	0,2	630	35	1
6	2,8	0,25	4,4	4	3,9	3,1	0,3	0,5	0,6	0,9	447	42	1
7	3,8	0,25	3,6	3,9	4,3	4,1	0,8	0,6	0,3	0,15	512	40	2
8	5,2	0,25	4,1	3,7	3,7	4,3	0,5	0,8	0,7	0,1	378	30	2
9	6,1	0,25	4	3,5	4,1	4,3	0,3	1	0,2	0,1	267	32	3
10	6,5	0,25	4,3	3,8	3,8	4,3	0,3	0,6	0,5	0,05	261	43	4

b. Variasi Komposisi

No	Laju Alir Air (ml/s)	Laju Alir Biodiesel (ml/s)	h air 1 (cm)	h air 2 (cm)	h air 3 (cm)	h air 4 (cm)	h bio 1 (cm)	h bio 2 (cm)	h bio 3 (cm)	h bio 4 (cm)	waktu tinggal (s)	T larutan C	Keterangan	Laju tahap 1 = 2	waktu (s)
1	0,6	0,6	2,5	4,8	4,3	4,8	4,5	2,2	2,7	2,2	1409	52	1	0,8	396,6
2	1	1	3,4	4,6	4	4	3,4	2	2,8	2,4	846	48	1	1,0	328,2
3	1,5	1,5	5	4,2	4,7	6	2,5	3,8	3,9	2,2	753	50	1	1,2	207
4	2	2	5,5	4,6	4,3	6,5	2,7	3,8	4,5	2,3	676,8	50	1	1,9	183
5	2,4	2,4	5,5	5,2	5	6,3	1	1,8	2,4	1,2	630	52	1	2,4	141

A.3 Penelitian ketiga : *Baffle 4cm,*

a. Variasi laju alir

No	Laju Alir Air (ml/s)	Laju Alir Biodiesel (ml/s)	h air (cm)	h air (cm)	h bio 1 (cm)	h bio 2 (cm)	waktu tinggal (s)	T larutan C	Keterangan	Laju tahap 1	Laju tahap 2	laju alir	waktu (s)
1	1,2	0,25	1,9	1,9	2,3	2,1	1812	35	1	0,91	0,71	0,17	190
2	2	0,25	3	4,2	1,4	0,3	1063	42	1	1,60	2,1	0,32	158
3	2,5	0,25	3,7	4,2	0,7	0,35	581	39	1	1,70	3,4	0,60	92
4	3,2	0,25	3,7	4	0,6	0,5	430	39	2	3,40	3,6	1,60	78
5	4,2	0,25	3,9	4,1	0,4	0,3	371	40	2	3,60	4	2,00	68
6	5,5	0,25	4	4,5	0,5	0,1	264	38	2	4,4	4,00	1,80	54
7	6,4	0,25	4	4,2	0,4	0,3	241	34	3	4	4,40	1,80	51
8	7	0,25	3,8	4	0,6	0,4	220	38	3	3,8	5,25	1,60	45
9	7,8	0,25	4	4,4	0,5	0,2	206	33	3	3,8	5,00	0,20	44
10	14,8	0,25	4,6	4,6	0,2	0,1	98	33	4	4,6	8,67	2,00	36

A.4 Penelitian keempat: tanpa *baffle*

a. Variasi laju alir

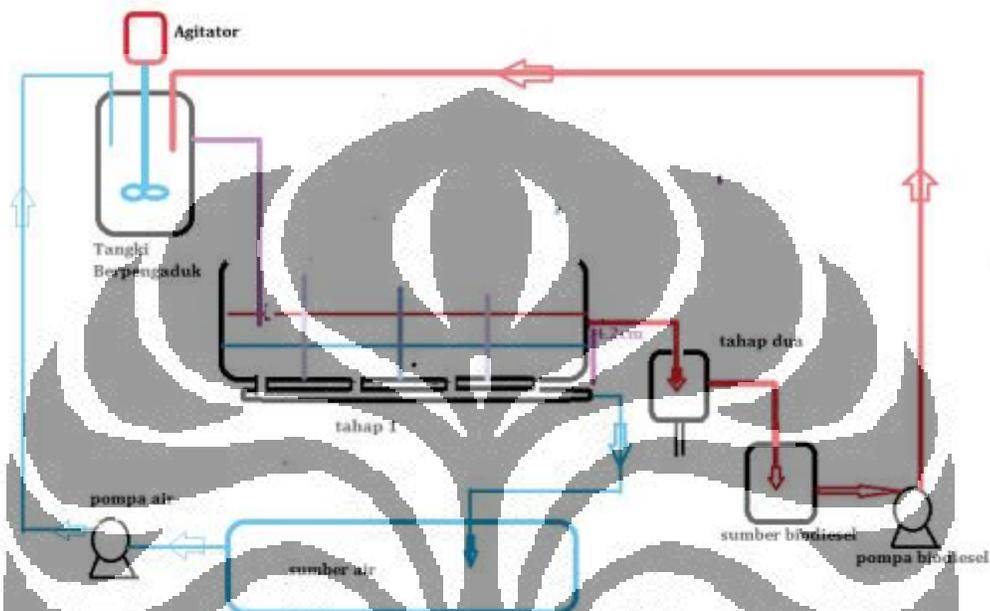
No	Laju Alir Air (ml/s)	Laju Alir Biodiesel (ml/s)	h air (cm)	h biodiesel-air (cm)	h biodiesel (cm)	waktu tinggal 1 (s)	T larutan (C)	Keterangan	Laju tahap 1 (ml/s)	Laju tahap 2	laju alir	waktu (s)
1	1,90	0,25	2,20	4,20	2,00	1710	29	1	1,30	2,10	0,32	131
2	2,30	0,25	3,40	4,20	0,70	1590	30	1	1,60	2,10	0,17	161
3	2,70	0,25	3,40	4,20	0,75	1540	29	1	1,70	2,20	0,60	96
4	3,50	0,25	3,45	4,20	0,75	1368	41	1	3,00	3,20	1,60	67
5	4,00	0,25	3,50	4,20	0,70	1240	38	2	3,40	4,40	2,00	61
6	4,80	0,25	3,55	4,20	0,65	890	37	2	3,60	4,60	1,80	60
7	6,70	0,25	3,70	4,20	0,50	360	37	3	4,20	5,40	1,80	40
8	8,00	0,25	3,75	4,20	0,45	240	38	3	4,50	6,25	1,60	35
9	8,40	0,25	3,80	4,20	0,40	130	32	4	4,80	6,50	0,20	31
10	15,17	0,25	4,20	4,20	0,00	67	29	4	9,60	10,50	2,00	13

b. Variasi komposisi

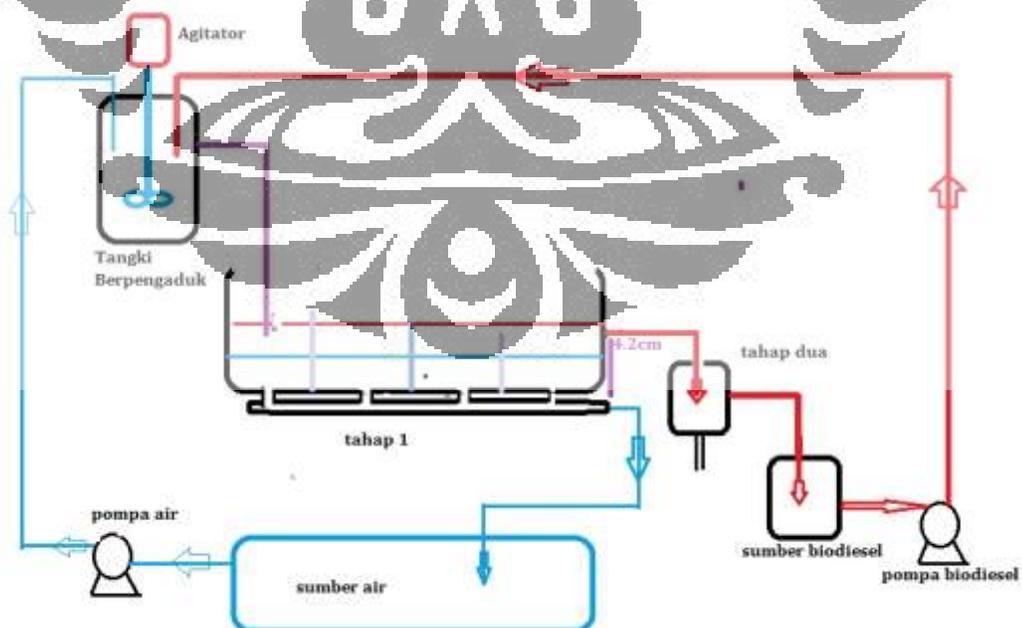
No	Laju Alir Air (ml/s)	Laju Alir Biodiesel (ml/s)	h air (cm)	h biodiesel-air (cm)	h biodiesel (cm)	waktu tinggal (s)	Keterangan	T larutan (C)	Laju tahap 1	Laju tahap 2	laju alir	waktu (s)
1	3,2	3,0	4,0	4,6	0,6	458	4	45	-			72
2	2,2	1,8	3,6	4,9	1,3	850	1	50	1,5	1,5	1,1	190
3	1,5	1,5	3,3	4,9	1,6	1171	1	55	1,3	1,0	1,0	301
4	1,2	0,9	3,0	5,0	2,0	1454	1	54	1,0	1,0	0,8	372

**LAMPIRAN
B
SKEMA ALAT**

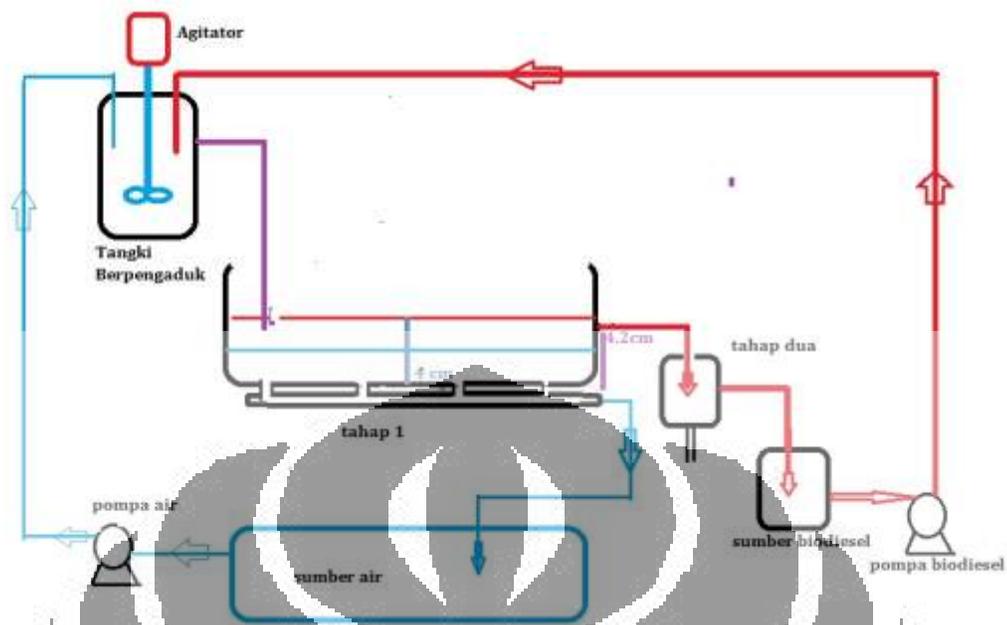
B.1 Tiga baffle 7.6cm;6.5cm;6.2cm



B.2 Tiga baffle 4,5cm;4cm;3,5cm



B.3 Satu baffle 4cm



B.4 *Tanpa baffle*

