

**MODIFIKASI OSCILLATORY FLOW REACTOR (OFR) UNTUK
MENINGKATKAN PRODUKSI BIODIESEL SISTEM KONTINYU**



LAPORAN TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
guna memperoleh Gelar Diploma Empat (D-4)
pada Politeknik Negeri Ujung Pandang**

ZULKIFLI AKMAR

442 10 023

RIDWANSA

442 10 028

**PROGRAM STUDI D-4 TEKNIK PEMBANGKIT ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2014**

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “**Modifikasi Oscillatory Flow Reactor (OFR) untuk Meningkatkan Produksi Biodiesel Sistem Kontinyu**” oleh :


1. **ZULKIFLI AKMAR** (442 10 023)
2. **RIDWANS** (442 10 028)

telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Terapan (S.ST.) pada program studi Teknik Pembangkit Energi jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 2014

Mengesahkan,

Pembimbing I



Ir. Suryanto, M.Sc., Ph.D.
NIP. 19590826 198803 1 002

Pembimbing II



Apollo, S.T., M.Eng.
NIP. 19690723 199303 1 002

Mengetahui,
a.n. Direktur,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Muhammad Tekad, S.T., M.T.
NIP. 19650824 199003 1 003

PENERIMAAN PANITIA UJIAN

Pada hari ini, Rabu 8 Oktober 2014, Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir telah menerima dengan baik hasil Tugas Akhir oleh mahasiswa :


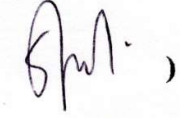



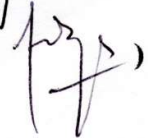
1. **ZULKIFLI AKMAR** (442 10 023)

2. **RIDWANSA** (442 10 028)

dengan judul “**Modifikasi Oscillatory Flow Reactor (OFR) untuk Meningkatkan Produksi Biodiesel Sistem Kontinyu**”.

Makassar, 8 Oktober 2014

Panitian Ujian Sidang Tugas Akhir

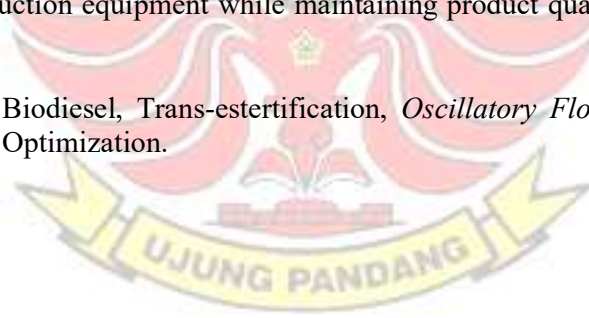
- | | | |
|--|----------------------|---|
| 1. Ir. La Ode Musa, M.T. | Ketua | () |
| 2. Sri Suwasti, S.ST., M.T. | Sekretaris | () |
| 3. Musrady Mulyadi, S.ST., M.T. | Anggota | () |
| 4. Abdul Rahman, S.T., M.T. | Anggota | () |
| 5. Ir. Suryanto, M.Sc., Ph.D. | Pembimbing I | () |
| 6. Apollo, S.T., M.Eng. | Pembimbing II | () |

ABSTRACT

Zulkifli Akmar and Ridwansa, with the title of final writing “*Oscillatory Flow Reactor (OFR) Modifications to Improve Continuous-System Biodiesel Production*”, Study Program of Power Plant Engineering, Department of Mechanical Engineering, State Polytechnic of Ujung Pandang, Makassar. Supervisor Ir. Suryanto, M.Sc., Ph.D. and Apollo, S.T., M.Eng.

Biodiesel is one type of biofuels (liquid fuels from vegetable oil processing or animal fats) are very potential to be developed in Indonesia so for biodiesel production systems continue to be developed in order to produce a continuous production system, quality and efficient. The method used to produce biodiesel is trans-esterification method by using the reactor model of continuous-system Oscillatory Flow Reactor (OFR). This study was done to increase the biodiesel production by modifying the reactor model of Oscillatory Flow Reactor (OFR) in production equipment in order to obtain a continuously system with the resident times at shorter reaction stages. Modification result of Oscillatory Flow Reactor (OFR) of this study has been through a performance and lab tests and the results of this study have been able to shorten the reaction time on the reaction stage of 2.83 minutes so that the production capacity of equipment increased to 0.1375 liters/sec. Then from lab results demonstrate the product quality in accordance with ASTM D6751 and ISO 7182:2012. Thus, the modification of Oscillatory Flow Reactor (OFR) has been able to optimize continuous-system biodiesel production equipment while maintaining product quality of biodiesel as standards.

Keywords : Biodiesel, Trans-esterification, *Oscillatory Flow Reactor (OFR)*, Optimization.



ABSTRAK

Zulkifli Akmar dan Ridwansa, dengan judul tugas akhir “Modifikasi *Oscillatory Flow Reactor* (OFR) untuk Meningkatkan Produksi Biodiesel Sistem Kontinyu”, program studi Teknik Pembangkit Energi, jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung pandang, Makassar. Pembimbing Ir. Suryanto, M.Sc., Ph.D. dan Apollo, S.T., M.Eng.

Biodiesel merupakan salah satu jenis biofuel (bahan bakar cair dari pengolahan minyak nabati atau lemak hewani) yang sangat potensial dikembangkan di Indonesia sehingga untuk sistem produksi biodiesel terus dikembangkan guna menghasilkan sistem produksi yang kontinyu, berkualitas dan efisien. Metode yang digunakan untuk memproduksi biodiesel yaitu metode transesterifikasi dengan menggunakan reaktor model *Oscillatory Flow Reactor* (OFR) sistem kontinyu. Penelitian ini dilakukan untuk meningkatkan produksi biodiesel dengan memodifikasi reaktor model *Oscillatory Flow Reactor* (OFR) pada alat produksi sehingga diperoleh suatu sistem yang kontinyu dengan waktu proses (*resident times*) pada tahapan reaksi yang lebih singkat. Hasil modifikasi *Oscillatory Flow Reactor* (OFR) dari penelitian ini telah melalui uji kinerja dan uji lab dan dari hasil penelitian ini telah mampu memperpendek waktu reaksi pada tahapan reaksi menjadi 2,83 menit sehingga kapasitas produksi alat meningkat sampai 0,1375 liter/detik. Kemudian dari hasil lab menunjukkan kualitas produk sesuai dengan standar ASTM D6751 dan SNI 7182:2012. Maka dari itu modifikasi *Oscillatory Flow Reactor* (OFR) telah mampu mengoptimasi alat produksi biodiesel sistem kontinyu serta tetap menjaga kualitas produk biodiesel sesuai standar.

Kata Kunci : Biodiesel, Transesterifikasi, *Oscillatory Flow Reactor* (OFR), Optimasi

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah yang diberikan selama ini kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **“Modifikasi *Oscillatory Flow Reactor* (OFR) untuk Meningkatkan Produksi Biodiesel Sistem Kontinyu”**. Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Sains Terapan di Politeknik Negeri Ujung Pandang jurusan Teknik Mesin program studi Teknik Pembangkit Energi.

Dalam penyelesaian Tugas Akhir, penulis telah banyak mendapat bimbingan, saran dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Ayahanda dan Ibunda yang tercinta dan seluruh keluarga yang telah memberikan bantuan baik material maupun moril sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Ir. Hamzah Yusuf, M.S., selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Bapak Muhammad Tekad, S.T., M.T., selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Bapak Ir. La Ode Musa, M.T., selaku ketua Program Studi Teknik Pembangkit Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.
5. Bapak Ir. Suryanto, M.Sc., Ph.D. selaku pembimbing I dan Bapak Apollo, S.T., M. Eng. selaku Pembimbing II yang dengan ikhlas memberikan bimbingan serta dukungan moril kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Dian Siswi, A.Md., selaku staf administrasi Program Studi Teknik Pembangkit Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.
7. Seluruh Dosen dan Teknisi yang telah mendidik dan mengajar serta memberikan ilmu kepada penulis selama penulis menuntut ilmu di Program Studi Teknik Pembangkit Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

8. Saudara(i) di Program Studi Teknik Pembangkit Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang Angkatan 2010 yang telah membantu penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.
9. Keluarga Besar HIPERMAWA Koperti Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah membantu penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.
10. Semua pihak yang tidak sempat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu penyelesaian tugas akhir ini.

Sebagai manusia biasa, penulis sangat menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kekeliruan dan masih memerlukan perbaikan secara menyeluruh, hal ini disebabkan karena keterbatasan ilmu dan kemampuan yang dimiliki oleh penulis dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Sehingga berbagai masukan dan saran yang sifatnya membangun sangatlah diharapkan demi sempurnanya Laporan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih, semoga apa yang penulis telah lakukan dapat memberikan manfaat dan bernilai ibadah oleh Tuhan Yang Maha Esa. Amin.

Makassar, 8 Oktober 2014

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan Pembimbing	ii
Halaman Penerimaan Panitia Ujian	iii
Abstrac	iv
Abstrak	v
Kata Pengantar	vi
Daftar Isi	viii
Daftar Simbol	x
Daftar Tabel	xi
Daftar Gambar	xii
Daftar Lampiran	xiii
Bab I Pendahuluan	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	4
Bab II Tinjauan Pustaka	
A. Biodiesel	6
B. Proses Transesterifikasi	7
C. Proses Produksi Biodiese	9
Bab III Metode Penelitian	
A. Tempat dan Waktu Penelitian	12
B. Alat dan Bahan Penelitian	12
C. Prosedur Penelitian	13
D. Metode Analisis Data	21
Bab IV Hasil dan Pembahasan	
A. Hasil Perancangan dan Pengujian	22
B. Pembahasan	23

Bab V	Kesimpulan dan Saran	
	A. Kesimpulan	43
	B. Saran	44
Daftar Pustaka		45
Lampiran		47



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
R_e	= Bilangan Reynold	-
V_{bio}	= Volume biodiesel yang dihasilkan	liter
V_{tot}	= Volume total reaktan (hasil reaksi)	liter
V_{gli}	= Volume gliserol yang dihasilkan	liter
Eff	= Efisiensi	%
t	= Waktu Reaksi	detik
Q_{tot}	= Kapasitas produksi reaktor sistem kontinyu	$m^3/detik$
Q_{bio}	= Kapasitas produksi biodiesel	$m^3/detik$
A	= Luas penampang	m^2
V_s	= Kecepatan aliran dalam reaktor	m/s
ν	= Viskositas kinematik	m^2/s
T	= Temperatur fluida (Biodiesel)	$^{\circ}C$
P	= Tekanan	Pa
d	= Diameter pipa reaktor	mm
d_o	= Diameter lubang baffles	mm



DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 1	Komposisi bahan baku	28
Tabel 2	Data hasil pengujian	28
Tabel 3	Hasil analisa data pengujian	31
Tabel 4	Hasil perhitungan bilangan Reynold	33
Tabel 5	Parameter kualitas biodiesel berdasarkan standar (American dan Indonesia)	37
Tabel 6	Perbandingan hasil data sebelum dan sesudah di modifikasi <i>Oscillatory Flow Reactor</i>	39



DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 1	Reaksi Transesterifikasi Pembentukan Biodiesel	8
Gambar 2	Posisi Baffle pada Tabung Reaktor <i>Oscillatory Reactor</i> dan Pola Alira yang Berosilasi	11
Gambar 3	Modifikasi Desain dan Orifice didalam tabung Reaktor Osilasi (OFR)	14
Gambar 4	Bagan Alir Produksi Biodiesel dengan Transesterifikasi	19
Gambar 5	Bagan Alir Prosedur Penelitian	20
Gambar 6	Desain Modifikasi <i>Oscillatory Flow Reactor</i>	23
Gambar 7	Pola aliran didalam <i>Oscillatory Flow Reactor</i> sebelum di modifikasi simulasi dengan SolidWorks	34
Gambar 8	Pola aliran didalam <i>Oscillatory Flow Reactor</i> setelah di modifikasi simulasi dengan SolidWorks	34
Gambar 9	Pola aliran didalam <i>Oscillatory Flow Reactor</i> secara real (kondisi nyata)	36
Gambar 10	Grafik hasil pengukuran termperatur <i>Oscillatory Flow Reactor</i> dengan menggunakan alat kontrol Pico AO015 /132	38
Gambar 11	Grafik perbandingan waktu reaksi sebelum modifikasi dan setelah modikasi	40
Gambar 12	Grafik perbandingan keepatan aliran fluida sebelum modifikasi dan setelah modikasi	40
Gambar 13	Grafik Perbandingan bilangan Reynold sebelum modifikasi dan setelah modikasi	41
Gambar 14	Grafik perbandingan kapasitas produksi sebelum modifikasi dan setelah modikasi	41

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A Proses Perancangan	47
Lampiran B Proses Pengujian Alat	52
Lampiran C Data-Data Hasil Pengujian	56
Lampiran D Gambar Spesifikasi Rancangan dan Jadwal Kegiatan	63



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Dalam satu dekade terakhir ini, Indonesia berusaha mengembangkan energi alternatif pengganti energi fosil yang semakin lama jumlahnya semakin terbatas dan kebutuhan akan bahan bakar minyak yang semakin meningkat mengakibatkan cadangan minyak yang dimiliki Indonesia semakin sedikit. Oleh sebab itu perlu dilakukan usaha-usaha untuk mencari bahan bakar alternatif.

Konsumsi bahan bakar minyak (BBM) di Indonesia telah mencapai sekitar 1,5 juta barel per hari dan diperkirakan akan terus meningkat, padahal kemampuan produksi minyak bumi cenderung menurun dan kapasitas kilang BBM pun masih terbatas. Total impor BBM saat ini mencapai sekitar 500 ribu barel per hari. Impor BBM yang demikian tinggi telah menjadi salah satu penyebab utama terjadinya defisit pada neraca pembayaran Indonesia yang terjadi sejak tahun 2012. Disisi lain, Indonesia memiliki potensi bahan baku biodiesel sebagai pengganti BBM Solar yang sangat besar, misalnya CPO. Saat ini produksi CPO mencapai sekitar 30 juta ton per tahun dengan jumlah ekspor sekitar 20 juta ton per tahun. Secara kasar, 1 juta ton CPO per tahun dapat diolah menjadi 20 ribu barel biodiesel per hari (Kementrian ESDM, 2014).

Untuk penggunaan biodiesel di Indonesia terus mengalami peningkatan. Pada tahun 2010, PT. Pertamina (Persero) menjual biosolar sebesar 4,46 juta kilo liter, naik dibandingkan tahun sebelumnya (2009) sebesar 2,39 juta kilo liter.

Sedangkan pada tahun 2011 angka penjualan biosolar oleh PT. Pertamina (Persero) mencapai 7,1 kilo liter (Fajrin, 2012).

Berdasarkan data diatas, maka dari itu sistem produksi biodiesel perlu dilakukan penelitian dan pengembangan guna menghasilkan sistem produksi yang kontinu, berkualitas, dan efisien serta mampu memenuhi permintaan pasar dan target yang rencanakan oleh pemerintah berdasarkan Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006. Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional menyebutkan pengembangan biodiesel sebagai energi terbarukan akan dilaksanakan selama 20 tahun, dimulai dengan persiapan pada tahun 2004 dan eksekusi sejak tahun 2005. Periode 20 tahun tersebut dibagi dalam tiga fasa pengembangan biodiesel. Pada fasa pertama, yaitu tahun 2005-2010, pemanfaatan biodiesel minimum sebesar 2% atau sama dengan 720.000 kilo liter untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar minyak nasional dengan produk-produk yang berasal dari minyak castor dan kelapa sawit. Fasa kedua (2011-2015) merupakan kelanjutan dari fasa pertama akan tetapi telah digunakan tumbuhan lain sebagai bahan mentah. Pabrik-pabrik yang dibangun mulai berskala komersial dengan kapasitas sebesar 30.000 – 100.000 ton per tahun. Produksi tersebut mampu memenuhi 3% dari konsumsi diesel atau ekuivalen dengan 1,5 juta kilo liter. Pada fasa ketiga (2016 – 2025), teknologi yang ada diharapkan telah mencapai level *high performance* dimana produk yang dihasilkan memiliki angka setana yang tinggi dan casting point yang rendah. Hasil yang dicapai diharapkan dapat memenuhi 5% dari konsumsi nasional atau ekuivalen dengan 4,7 juta kilo liter. Selain itu juga terdapat Inpres Nomor 1 Tahun 2006 untuk mengambil langkah-

langkah untuk melaksanakan percepatan penyediaan dan pemanfaatan bahan bakar nabati (biofuel) sebagai bahan bakar lain (Kementrian ESDM, 2006).

Pengembangan penggunaan yang direncanakan pemerintah menyangkut dua hal penting yakni penyediaan bahan baku (*feedstock*) dan aspek teknis pada sistem produksi. Pengembangan untuk meningkatkan bahan baku biodiesel sudah menunjukkan kondisi yang positif dengan terus dipacunya perluasan dan pelestarian areal perkebunan untuk bahan baku tersebut. Sementara pada sektor industri biodiesel, masih belum menunjukkan hal yang positif. Tingkat produktifitas biodiesel dalam negeri masih sangat rendah. Salah satu penyebabnya dapat disebabkan karena masih menggunakan sistem produksi yang belum optimal dengan tingkat efisiensi yang rendah atau biaya investasi yang tinggi karena harus mengimpor mesin produksinya. Oleh karena itu peningkatan produktifitas biodiesel dalam negeri perlu didukung dengan melakukan riset dibidang teknologi produksi biodiesel secara berkesinambungan.

Berdasarkan kondisi tersebut dipandang perlu untuk melakukan modifikasi *Oscillatory Flow Reactor* (OFR) untuk meningkatkan produksi biodiesel sistem kontinyu sekaligus sebagai judul tugas akhir ini sehingga diperoleh suatu sistem produksi biodiesel yang kontinyu dengan memperpendek waktu proses (*resident times*) pada tahapan reaksi sehingga peningkatan produksi dapat dilakukan dengan tetap menjaga kualitas produk biodiesel sesuai standar nasional Indonesia.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah dibuat batasan masalah yang dirumuskan dalam rumusan masalah yaitu, memodifikasi unit reaktor jenis *Oscillatory Flow Reactor* (OFR) untuk meningkatkan produksi biodiesel dengan mengoptimasi desain dan fungsi reaktor untuk memperpendek waktu proses (*resident times*) pada tahapan reaksi sehingga peningkatan produksi dapat dilakukan dengan tetap menjaga kualitas produk biodiesel sesuai standar.

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, didapatkan tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Modifikasi desain unit reaktor jenis *Oscillatory Flow Reactor* (OFR).
2. Menganalisis tahapan reaksi pada unit reaktor jenis *Oscillatory Flow Reactor* (OFR).
3. Menguji efektifitas kinerja unit reaktor hasil modifikasi jenis *Oscillatory Flow Reactor* (OFR).

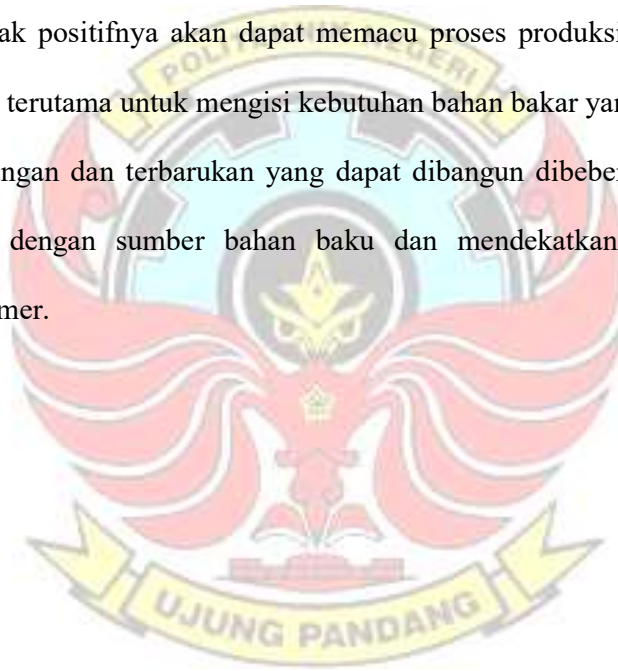
D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan metode untuk mengoptimasi desain dan fungsi reaktor sistem kontinu dengan melakukan modifikasi sehingga dapat memperpendek durasi proses reaksi pada reaktor serta sistem yang lebih

efisien sehingga akan diperoleh suatu model desain yang mampu meningkatkan kapasitas produksi dan tetap menjaga kualitas sesuai dengan standar.

2. Membangun suatu proses produksi sistem kontinyu dalam bentuk prototipe dengan menerapkan reaktor hasil pengembangan dan mengalisis sistem yang dibangun untuk mendapatkan model matematik yang dapat berguna untuk implementasi sistem proses produksi pada desain skala industri. Dampak positifnya akan dapat memacu proses produksi biodiesel dalam negeri terutama untuk mengisi kebutuhan bahan bakar yang sifatnya ramah lingkungan dan terbarukan yang dapat dibangun dibeberapa daerah yang dekat dengan sumber bahan baku dan mendekatkan produk dengan konsumen.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Biodiesel

Biodiesel merupakan salah satu jenis biofuel (bahan bakar cair dari pengolahan minyak nabati atau lemak hewani) di samping Bioetanol. Biodiesel adalah senyawa alkil ester yang diproduksi melalui proses alkoholisis atau transesterifikasi (Jamil Musanif, 2014).

Sejarah biodiesel dimulai ketika dua ahli kimia, E. Duffy dan J. Patrick, dipercayakan pertama kali bereksperimen dengan transesterifikasi menggunakan minyak nabati untuk membuat sabun pada tahun 1853, jauh sebelum mesin diesel pertama di fungsikan (Biodiesel Times, 2005). Rudolph Diesel, pada tanggal 10 Agustus 1893, pertama kali menunjukkan penggunaan minyak kacang untuk menjalankan mesin kompresi pengapiannya. Tanggal ini kemudian dikenal sebagai hari Biodiesel Internasional (Wikipedia, 2014).

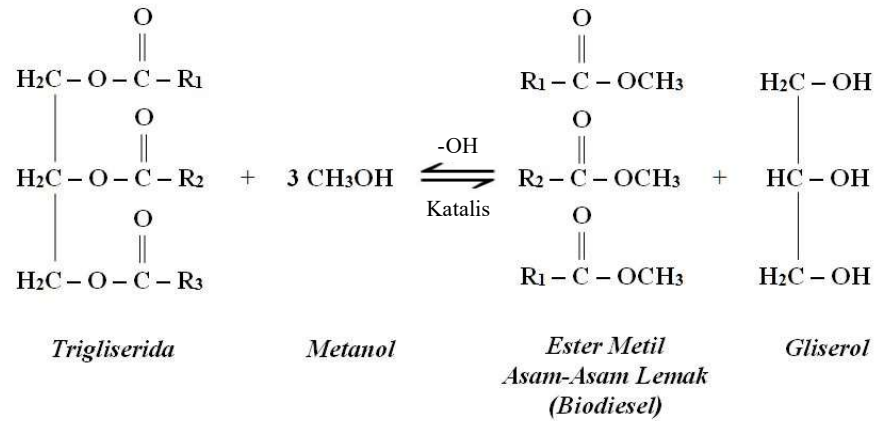
Biodiesel mempunyai rantai karbon antara 12 sampai 20 serta mengandung oksigen. Adanya oksigen pada biodiesel membedakannya dengan petroleum diesel (solar) yang komponen utamanya hanya terdiri dari hidro karbon. Jadi komposisi biodiesel dan petroleum diesel sangat berbeda. Biodiesel terdiri dari metil ester asam lemak nabati, sedangkan petroleum diesel adalah hidrokarbon. Namun, biodiesel mempunyai sifat kimia dan fisika yang serupa dengan petroleum diesel (solar) sehingga dapat digunakan langsung untuk mesin diesel atau dicampur dengan petroleum diesel (Jamil Musanif, 2014).

Energi yang dihasilkan oleh biodiesel yaitu 128.000 BTU relatif tidak berbeda dengan petroleum diesel yaitu 130.000 BTU sehingga *engine torque* dan tenaga kuda yang dihasilkan relatif hampir sama. Walaupun kandungan kalori biodiesel serupa dengan petroleum diesel, tetapi karena biodiesel mengandung oksigen, maka flash pointnya lebih tinggi sehingga tidak mudah terbakar. Biodiesel juga tidak menghasilkan uap yang membahayakan pada suhu kamar, maka biodiesel lebih aman daripada petroleum diesel dalam penyimpanan dan penggunaannya. Di samping itu, biodiesel tidak mengandung sulfur dan senyawa bensen yang karsinogenik, sehingga biodiesel merupakan bahan bakar yang lebih bersih dan lebih mudah ditangani dibandingkan dengan petroleum diesel (Jamil Musanif, 2014).

B. Proses Transesterifikasi

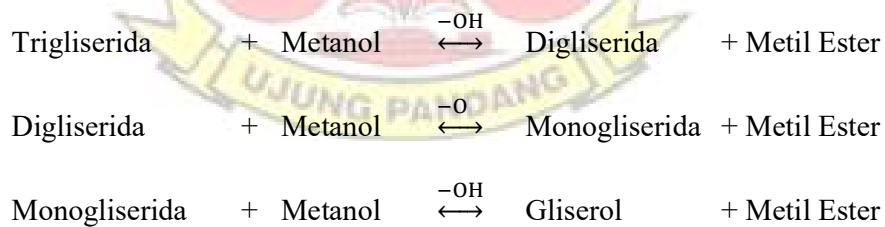
Transesterifikasi merupakan metode paling umum digunakan untuk memproduksi biodiesel. Transesterifikasi adalah proses yang mereaksikan trigliserida dalam minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek seperti methanol atau etanol (pada saat ini sebagian besar produksi biodiesel menggunakan metanol) menghasilkan metil ester asam lemak *Fatty Acids Methyl Esters* (FAME) atau biodiesel dan gliserol (gliserin) sebagai produk samping. Katalis yang digunakan pada proses transesterifikasi adalah basa/alkali, biasanya digunakan natrium hidroksida atau kalium hidroksida (Maharani dan Zuliyana, 2010).

Adapun reaksi transesterifikasi dapat dilihat pada gambar berikut :

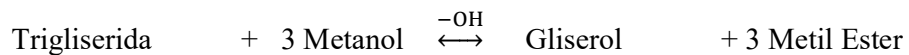


Gambar 1. Reaksi Transesterifikasi Pembentukan Biodiesel

Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi kesetimbangan, oleh karena itu adanya katalis dapat mempercepat tercapainya keadaan kesetimbangan dari reaksi. Berikut adalah memperlihatkan konversi trigliserida menjadi metil ester atau biodiesel (Harvey A., 2003) :



Sehingga secara keseluruhan dapat dituliskan sebagai berikut :



C. Proses Produksi Biodiesel

Pada proses produksi biodiesel dikenal dua jenis sistem yakni sistem batch dan sistem kontinyu.

1. Sistem Batch

Sistem Batch merupakan suatu sistem yang proses aliran campuran yang konvensional di mana sejumlah *Reynolds numbers* minimum harus dijaga, sehingga memungkinkan prosesnya membutuhkan waktu yang lama (Harvey A., 2003). Pada proses produksi biodiesel sistem batch yakni bahan baku minyak direaksikan dengan alkohol dan katalisator basa dalam reaktor tangki berpengaduk selama 90-120 menit. Setelah itu, dibiarkan beberapa jam agar terbentuk dua lapisan yang kemudian dipisahkan. Bagian atas berupa biodiesel dan yang bawah berupa campuran gliserol, katalisator, dan sisa alkohol.

Selanjutnya, biodiesel ini dipisahkan dari gliserol, katalisator, dan sisa alkohol. Salah satu kelemahan sistem batch ini adalah sudah biasa dipakai pada proses pembuatan biodiesel sehingga hanya cocok untuk kapasitas yang tidak begitu besar. Begitupun dengan waktu yang diperlukan dalam proses batch relatif lama sehingga proses batch ini kurang komersil untuk mendukung kapasitas produksi yang besar.

2. Sistem Kontinyu

Sistem kontinyu merupakan suatu sistem proses produksinya yang memiliki reaktor dan terdiri dari tabung yang menghasilkan gerakan

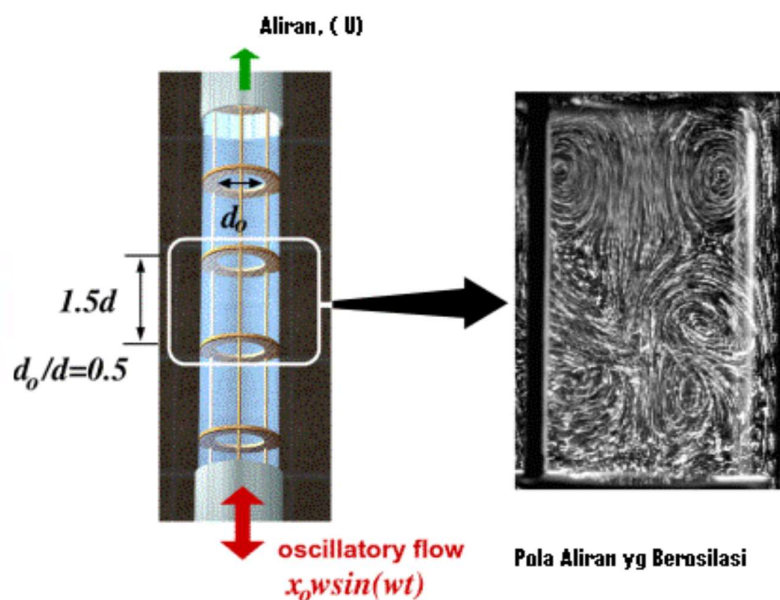
osilasi sehingga menciptakan pola aliran konduif untuk panas yang efisien dan perpindahan massa sehingga mampu menghasilkan produk yang lebih baik (Harvey A., 2003) .

Hasil pengembangan reaktor sistem kontinyu ini telah berhasil dikembangkan oleh beberapa peneliti, seperti misalnya (Harvey A., 2003) yang mengembangkan *Oscillatory Flow Reactor* model orifice yang menghasilkan waktu proses hanya 1/8 waktu yang digunakan untuk proses batch sekaligus untuk mengatasi rendahnya kapasitas produksi pada sistem batch. Selain itu dengan menggunakan *Oscillatory Baffle Reactor* sistem kontinyu mampu menghasilkan waktu reaksi yang lebih pendek pada baffle reaktor osilasi yaitu kurang dari 10 menit (Priya S., 2014).

Adapun pengembangan *Oscillatory Flow Reactor* sistem kontinyu juga telah masuk tahap analisis lanjut seperti perhitungan bilangan Reynold (*Reynold number*) dan melihat pola aliran dalam reaktor karena berdasarkan penelitian (Nuno Miguel Fernandes, 2006) bahwa bilangan Reynold pada nilai-nilai rendah ($Re_{co} \approx 100 - 300$), dalam OFR menunjukkan suatu karakteristik aliran (disebut sebagai modus aliran plug). Di sisi lain untuk nilai-nilai tinggi dari Re_{co} , menunjukkan kondisi simetri tidak beraturan dan aliran menjadi intens dicampur dan kacau (disebut sebagai modus pencampuran).

Adapun beberapa rancangan *Oscillatory Flow Reactor* (OFR) yang sudah diteliti dan dikembangkan dengan melihat pola aliran dan memperhitungkan bilangan Reynold-nya terdiri dari suatu tabung dengan

panjang tertentu, dimana pada sisi dalam pipa diletakkan orifice pada jarak tertentu untuk memungkinkan reaktan dapat bereaksi secara homogen pada sepanjang alirannya. Jarak antara orifice yang satu dengan lainnya adalah 1,5 kali diameter tabung reaktor sementara, diameter lubang orifice 0.5 diameter tabung, desain ini merujuk pada hasil penelitian Harvey seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 2. Posisi Baffles pada Tabung Reaktor *Oscillatory Reactor* dan Pola Aliran yang bersilasi (Harvey A., 2003)

Hal yang dilakukan dalam penelitian adalah merubah desain baffle dan orifice yang ada didalam tabung reaksi untuk mendapatkan pola aliran yang lebih optimal untuk menjamin berlangsungnya reaksi lebih homogen walaupun diameter tabung diperbesar, terutama jika diinginkan memperbesar kapasitas produksi untuk skala industri.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Politeknik Negeri Ujung Pandang, khususnya pada Bengkel Produksi Teknik Mesin, Laboratorium Teknik Energi, dan Laboratorium Teknik Kimia selama 6 bulan (Maret sampai September 2014) dengan menggunakan prasarana yang ada untuk pembuatan alat serta pengujian alat dan mutu produk. Adapun jadwal kegiatan selama penelitian ini dapat dilihat pada lampiran D-4.

B. Alat dan Bahan Penelitian

Pada penelitian ini, proses pengerjaan dibagi menjadi beberapa tahap mulai dari pembongkaran, proses modifikasi (untuk tujuan optimasi), perakitan ulang, dan proses pengujian. Maka dalam hal ini dibutuhkan beberapa alat dan bahan yang dapat mendukung jalannya penelitian. Adapun alat yang digunakan pada proses pembongkaran, modifikasi (untuk tujuan optimasi), dan pemasangan ulang berupa perkakas yang mampu mendukung pengerjaan penelitian serta alat instrumentasi untuk mengukur kondisi temperatur sebelum dan sesudah reaktor digunakan alat pengukur temperatur Pico AO015/132. Selain itu bahan untuk proses pengujian alat produksi seperti *crude palm oil* (CPO) atau minyak kelapa sawit, methanol, dan katalis yaitu sodium hidroksida (NaOH).

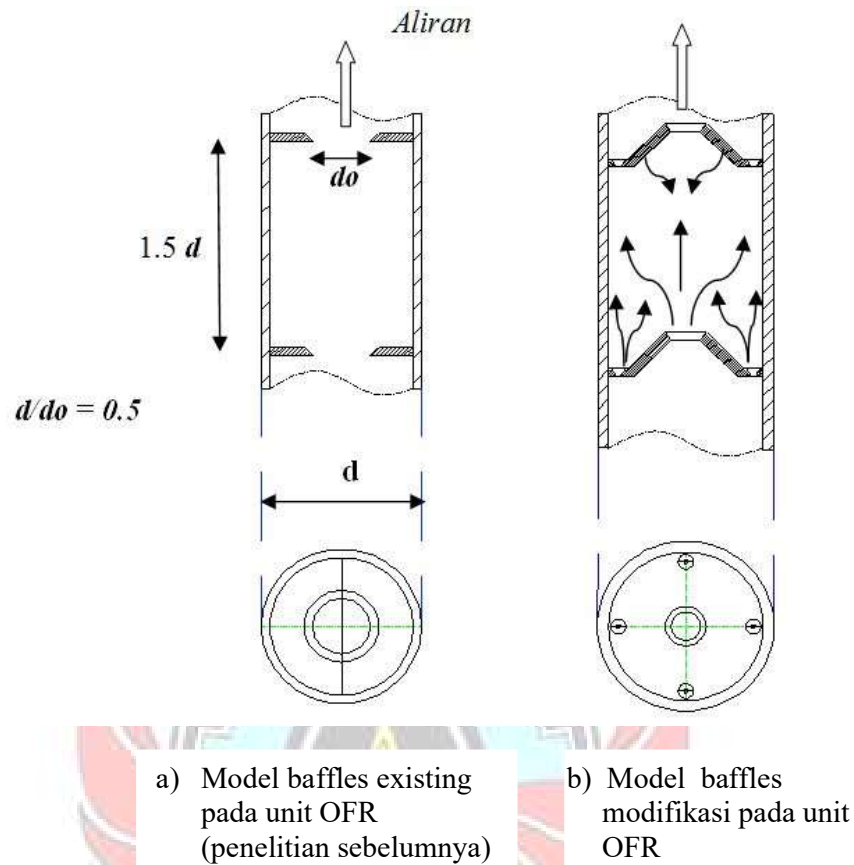
C. Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini, prosedur penelitian dibagi dalam beberapa tahap yakni tahap pembongkaran, proses modifikasi (untuk tujuan optimasi), perakitan ulang, dan tahap proses pengujian. Adapun sistem produksi biodiesel sistem kontinyu dengan menggunakan *Oscillatory Flow Reactor* (OFR) sudah ada sebelumnya sehingga hanya dilakukan perbaikan dan modifikasi yang terfokus pada desain baffles untuk tujuan optimasi alat. Rancangan untuk desain baffles dapat dilihat lampiran D-3.

Skema pada prototipe plan untuk produksi biodiesel sistem kontinyu seperti yang terlampir pada lampiran D-2 merupakan prototipe untuk memproduksi biodiesel sistem kontinyu mulai dari proses tahapan pencampuran, tahapan reaksi sampai dengan tahapan separasi yang terintegrasi dalam suatu sistem yang utuh. Rancangan ini yaitu mengacu pada desain model *Oscillatory Flow Reactor* (OFR) yang telah dikembangkan sebelumnya (Vikramardeni, 2012).

1. Modifikasi Reaktor Osilasi (*Oscillatory Flow Reaktor*)

Penelitian ini menggunakan *Oscillatory Flow Reactor* (OFR) dimana dilakukan modifikasi dengan tujuan mengoptimalkan produksi biodiesel dan rancangan tersebut bisa dilihat pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. Modifikasi Desain dan Orifice didalam Tabung Reaktor Osilasi (OFR)

Pada gambar 3 (a) model existing pola aliran dengan menggunakan perbandingan $d/d_o = 0.5$ dengan jarak antara baffles $1.5 d$, menghasilkan pola aliran osilasi yang baik untuk diameter tabung reaksi sampai dengan 1 inci (25,4 mm) diameter dalam (Harvey A., 2003) dan telah diuji dalam proyek akhir (Vikramardeni, 2012). Namun untuk tujuan pengembangan kapasitas produksi yang besar dengan konsekuensi diameter tabung reaksi diperbesar maka, bentuk orifice yang datar dengan hanya satu lubang

orifice pada bagian tengah akan menyebabkan osilasi menjadi tidak ideal lagi karena reaktan yang mengalir pada bagian dalam akan cenderung kurang bereaksi dengan reaktan yang berada pada bagian sisi dinding tabung.

Maka dari itu unit reaktor dimodifikasi sesuai gambar 3 (b) untuk melihat efek osilasi yang dihasilkan. Model yang dikembangkan adalah dengan membuat lubang orifice 5 buah pada baffle yang dibentuk dimana 1 lubang orifice yang lebih besar dengan 4 lubang orifice lainnya diameter lebih kecil dibagian sisi yang berdekatan dengan dinding tabung seperti pada gambar 3 (b), sedangkan gambar detail dapat dilihat pada lampiran D-3. Sehingga walaupun diameter tabung reaktor diperbesar, untuk tujuan memperbesar kapasitas produksi, pola aliran osilasi diharapkan masih menghasilkan pola yang baik untuk menjamin reaksi reaktan berlangsung pada kondisi yang optimal.

Kemudian dianalisis untuk mendapatkan model matematis yang berhubungan dengan diameter tabung reaktor, diameter orifice yang berada pada bagian tengah dan diameter pada sisi luar baffles serta jarak antara baffles terhadap pola aliran dan efektifitas reaksi reaktan. Adapun prosedur rancangan *Oscillatory Flow Reactor* (OFR) dilakukan dengan beberapa tahap antara lain :

- a. Melakukan pemotongan pipa besi dengan ukuran 1,5 dari diameter luar (d disesuaikan dengan ukuran pada penelitian sebelumnya) sebagai tabung reaksi osilasi.

- b. Membuat baffle berupa cincin baja pejal dengan model yang dimodifikasi sesuai rancangan pada lampiran D-3. Baja dipotong dengan tebal 12 mm dan dibentuk dengan mesin bubut dan CNC sesuai dengan rancangan kemudian dibentuk 5 lubang dengan lubang tengahnya lebih besar dan keempat lubang kecil disekelilingnya (luasan lubang baffel berdasarkan luasan penelitian sebelumnya yang dibagi kedalam 5 lubang).
- c. Setelah melakukan pemotongan pipa reaktor dan pembuatan baffle tersebut, maka baffle tersebut disisipkan bagian – bagian pipa dan telah dipotong.
- d. Melakukan penyambungan setiap potongan pipa yang sudah dipasang baffles dengan menggunakan las.
- e. Memasang isolasi pada reaktor osilasi untuk menghilangkan rugi – rugi kalor pada saat reaksi berlangsung.

2. Tangki Reaktor Pencampuran

Pada tangki reaktor pencampuran ini didesain dengan kapasitas masing-masing ± 25 liter. Tangki reaktor ini dilengkapi dengan suatu elektrik heater sebagai pemanas dengan daya 600 watt. Pada tangki Reaktor ini dilakukan pengecekan ulang kondisi reaktor sekaligus melakukan perbaikan ulang pada bagian tangki reaktor yang mengalami kerusakan.

3. Tangki Pengendapan dan Penampungan

Tangki pengendapan dan penampungan merupakan tempat penampungan produk biodiesel dan kapasitas tangki ini sebesar 100 liter. Tangki ini sekaligus tempat pemisahan gliserol dengan biodiesel. Maka dari itu tangki pengendapan dan penampungan ini dicek ulang dan perbaikan kembali agar tangki ini bisa berfungsi kembali sebagaimana mestinya.

4. Pompa

Ada dua pompa yang akan digunakan pada alat produksi biodiesel ini yakni pompa 1 berfungsi untuk mensirkulasikan fluida pada reaktor sebagai fungsi pengaduk dan sekaligus berfungsi untuk memindahkan campuran alkohol ke tangki pencampur dan mengalirkan minyak hasil proses esterifikasi ke reaktor osilasi dan setelah itu ke tangki pengendapan dan penumpukan. Sedangkan untuk pompa 2 digunakan pada saat proses *recyle* yaitu untuk membawa minyak dari reaktor osilasi dan membawa ketangki reaktor untuk dipanaskan lanjut kemudian dibawa kembali melewati kembali reaktor osilasi kemudian ketangki pengendapan dan penampungan. Kedua pompa tersebut sangat penting untuk alat produksi ini sehingga pemasangan harus pada tempat yang tepat dan pemilihan spesifikasi pompa yang cocok.

5. Instalasi pemipaan

Mengenai instalasi pemipaan dilakukan pengecekan dan perbaikan instalasi pipa yang sudah ada sebelumnya pada alat produksi biodiesel tersebut. Adapun kerusakan yang terjadi pada instalasi pemipaan alat produksi biodiesel ini dilakukan penggantian dan pemasangan kembali pada alat produksi biodiesel.

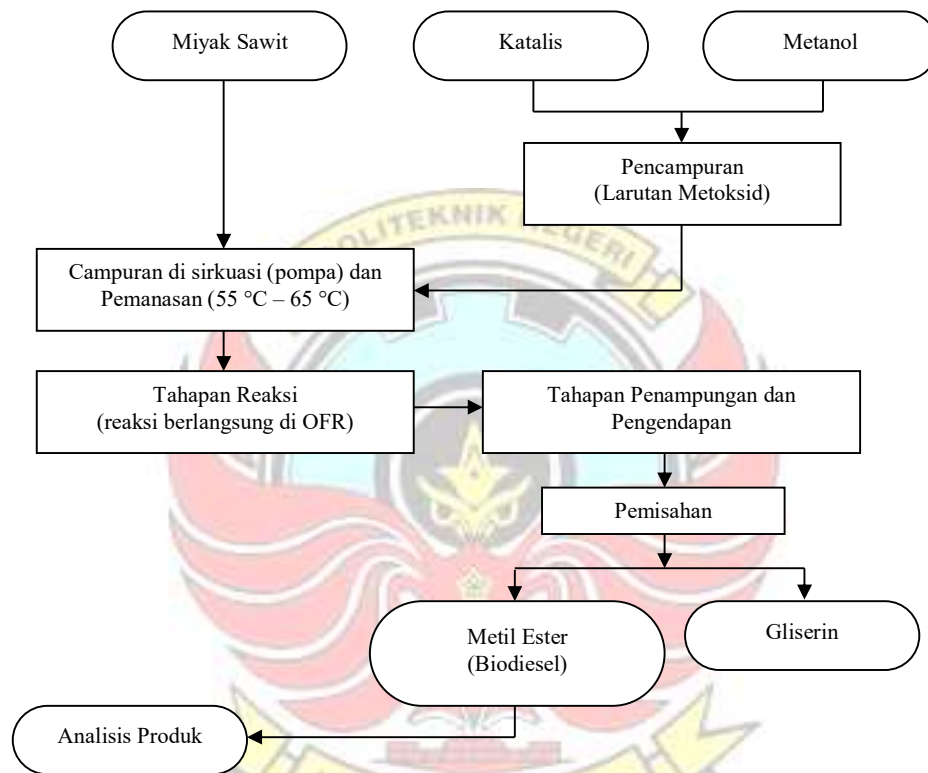
6. Instalasi Kelistrikan dan Kontrol

Instalasi kelistrikan digunakan pada alat produksi biodiesel ini disesuaikan dengan kebutuhan. Instalasi kelistrikan digunakan untuk mendukung proses pemanasan pada reaktor yang menggunakan elektrik heater dan mendukung motor pompa serta motor pengaduk. Setelah semua bagian – bagian selesai diperiksa dan diperbaiki ataupun diganti (jika terjadi kerusakan komponen) selanjutnya di uji kembali.

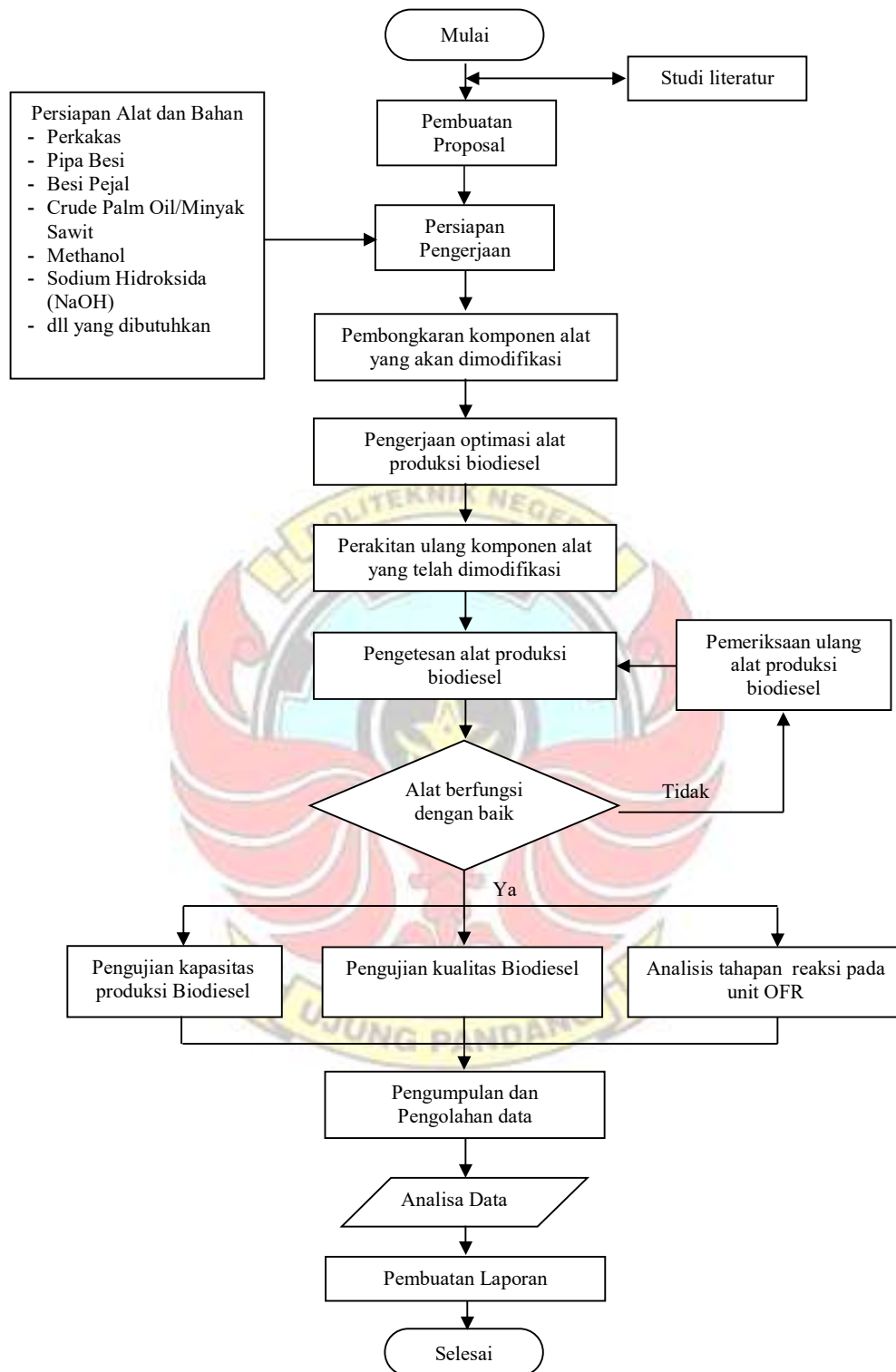
7. Rangka dudukan

Rangka dudukan digunakan untuk menempatkan komponen utama untuk menempati posisi yang sesuai agar proses produksi berlangsung secara efektif dan efisien. Adapun konstruksi rangka dudukan disesuaikan kembali sesuai dengan hasil modifikasi.

Secara umum prosedur penelitian ini dapat dilihat pada bagan alir mulai proses pembuatan biodiesel dengan proses transesterifikasi maupun bagan alir penelitian secara keseluruhan.



Gambar 4. Bagan Alir Produksi Biodiesel denga Proses Transesterifikasi



Gambar 5. Bagan Alir Prosedur Penelitian

D. Metode Analisa Data

Pada saat melakukan pengujian alat produksi biodiesel, diperoleh data yang dianalisa secara statistik menggunakan metode deskriptif, dimana semua data yang diperoleh di analisa dengan menggunakan persamaan yang berhubungan dengan parameter yang dibutuhkan serta hasil dari perhitungan tersebut disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Selain itu data – data yang didapat kemudian di simulasikan dengan aplikasi pendukung sebagai perbandingan dan berdasarkan analisa diambil kesimpulan.



BAB IV

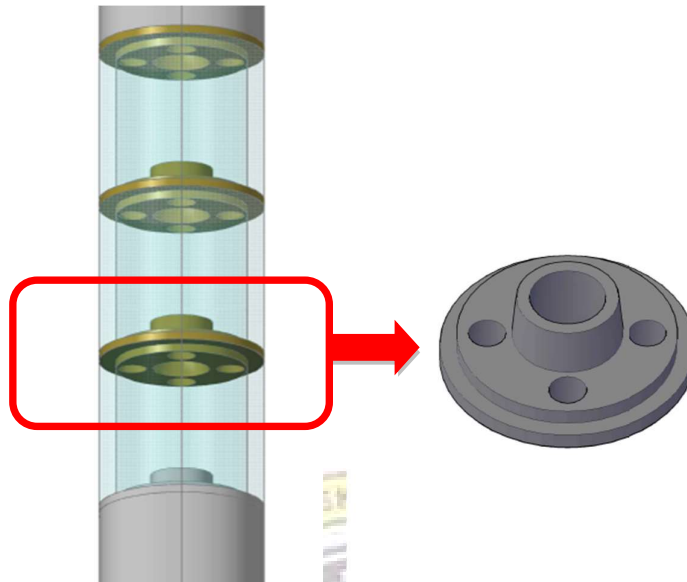
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan dan Pengujian

1. Hasil Perancangan

Proses penelitian ini dimulai dengan perancangan model *Oscilatory Flow Reactor* (OFR) yang berbeda dari alat produksi biodiesel sistem kontinu sebelumnya. Dalam perancangan ini didesain dengan menggunakan software AutoCAD 2010 dengan mendesain lubang baffle reaktor berbentuk nozel sekaligus menambahkan 4 lubang pada sisi-sisi baffle reaktor dengan perhitungan desain baffle *Oscilatory Flow Reactor* berdasarkan ukuran diameter pipa reaktor yang akan digunakan dan beberapa parameter disesuaikan dengan penelitian sebelumnya.

Setelah rancangan baffle *Oscilatory Flow Reactor* selesai maka dilanjutkan dengan penyambungan baffle sampai terbentuk menjadi sebuah reaktor. Total panjang reaktor kontinu efektif 3 meter dan sepanjang 3,75 meter reaktor terdapat 76 jumlah baffle reaktor dengan bentuk yang simetris terpasang sepanjang silinder reaktor pada jarak yang sama. Selain melakukan itu dalam perancangan ini dilakukan desain ulang instalasi pemipaan serta instalasi kelistrikan. Adapun hasil perancangan baffle reaktor dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 6. Desain modifikasi *Oscillatory Flow Reactor*

B. Pembahasan

Setelah proses perancangan dan perakitan alat telah dilakukan maka proses selanjutnya yaitu tahap pengumpulan data, namun pelaksanaan pengumpulan data akan termuat dalam proses pengujian. Data - data yang akan menjadi parameter dari efektifitas alat yaitu waktu, temperatur, dan volume produk biodiesel dan gliserol yang dihasilkan. Data – data tersebut akan diambil pada saat pengujian berlangsung. Adapun bahan baku yang digunakan dalam proses pengujian untuk menghasilkan biodiesel yaitu sebagai berikut :

- Minyak sawit
- Methanol
- Sodium Hidroksida (NaOH)

1) Proses pengujian

a. Tahap pencampuran

Tahap pencampuran merupakan tahapan yang pertama dalam proses pengujian ini. Proses awal yaitu dengan mencampurkan methanol dengan sodium hidroksida (NaOH) sebagai katalis didalam tangki pencampuran dengan menggunakan komposisi campuran 3,2 liter methanol dan 120 gram sodium hidroksida (NaOH). Bersamaan dengan itu tangki bahan baku juga diisi dengan minyak sawit. Adapun proses pengujiannya secara berurutan yaitu sebagai berikut :

- 1) Mengisi tangki bahan baku dengan minyak sawit sebanyak 20 liter.
- 2) Menyalakan heater dengan menekan tombol pada panel untuk pemanasan awal minyak kelapa sawit sampai dengan temperatur berkisar 50 °C .
- 3) Membuka katup saluran dari tangki reaktor menuju pompa dan menutup katup – katup yang lain.
- 4) Setelah pembukaan katup selesai kemudian dilanjutkan dengan menyalakan pompa untuk membantu pemanasan agar merata.
- 5) Menutup tangki pencampuran dengan rapat kemudian dilakukan pengadukan agar pencampuran cepat larut dan merata antara methanol dengan sodium hidroksida (NaOH).

b. Tahap Reaksi dalam Tangki Pemanas

Pada tahap reaksi dalam tangki pemanas dilakukan pada saat tahap pencampuran dan pengadukan methanol dengan sodium hidroksida (NaOH) selesai kemudian dilakukan pemompaan campuran menuju tangki pemanas dengan katup saluran tangki reaktor ke pompa ditutup dan membuka katup tangki pencampuran antara methanol dan sodium hidroksida (NaOH) kemudian campuran dipompa tersebut menuju tangki pemanas. Pada saat pemompaan campuran selesai maka katup saluran tangki pemanas ke pompa dibuka dan menutup katup tangki pencampuran methanol dengan sodium hidroksida (NaOH). Kemudian pompa kembali mensirkulasikan campur minyak kelapa sawit dengan campuran (methanol dan sodium hidroksida) dengan pemanasan dengan heater dengan range (55 °C – 70 °C) (Wenten dan Mala., 2010) sedangkan pada pada pengujian ini temperature yang dipakai dan yaitu pada temperatur 65 °C guna mempercepat reaksi kimia dalam tangki pemanas. Pada saat termokopel mendeteksi temperatur 65 °C maka alat kontrol akan melepas aliran listrik ke heater secara otomatis dan campuran minyak kelapa sawit dengan campuran (methanol dan sodium hidroksida) siap dipompa untuk diproses di reaktor.

c. Tahap Reaksi Osilasi

Tahap reaksi osilasi merupakan bagian utama dari perancangan sekaligus penelitian ini. Adapun tahapan proses pengujiannya yaitu :

- 1) Setelah didalam tangki heater (pemanas) mencapai temperatur 65 °C maka campuran minyak dengan campuran (methanol dan sodium hidroksida) siap untuk dialirkan menuju reaktor.
- 2) Sebelum campuran dialirkan maka katup aliran menuju reaktor dibuka dan menutup katup aliran pompa ke tangki .
- 3) Hasil pemanasan campuran selanjutnya dialirkan langsung ke *Oscillatory Flow Reactor* dan akan mengalami reaksi pencampuran akibat dari faktor tumbukan dalam reaktor yang menghasilkan aliran yang beresilasi.
- 4) Setelah melewati seluruh rangkaian *Oscillatory Flow Reactor* selanjutnya disalurkan langsung ketangki penampungan produk biodiesel .
- 5) Untuk pemanasan yang kurang maksimal karena rugi- rugi panas saat mengalami reaksi dalam *Oscillatory Flow Reactor* maka hasilnya akan dialirkan kembali kedalam tangki pencampuran dan akan dipanaskan kembali. Setelah pemanasan ulang selesai dilakukan dan telah mencapai temperatur yang sesuai maka hasil akan dialirkan kembali untuk melewati *Oscillatory Flow Reactor* dengan menggunakan pompa dan hasilnya dialirkan ke tangki pengendapan dan penampungan.

d. Tahap Pengendapan dan Pemisahan Gliserol

Untuk tahap pemisahan gliserol dan biodiesel didasarkan pada prinsip efek gravitasi karena adanya perbedaan densitas antar kedua jenis molekul tersebut. Setelah reaksi kimia dari larutan telah dilakukan pada *Oscillatory Flow Reactor* secara sempurna maka molekul gliserin (produk sampingan untuk bahan baku kosmetik dan sabun) serta monoalkil ester (biodiesel) sebagai produk utama akan berpisah secara alamiah sehingga gliserin yang dihasilkan mengendap dibagian bawah setelah dibiarkan beberapa selang waktu tertentu dan kemudian akan dikeluarkan secara perlahan – lahan. Setelah semua gliserin telah dikeluarkan maka katup akan ditutup kembali dan menyisahkan biodiesel.

2) Hasil Pengujian dan Analisa Data

a. Hasil Pengujian

Setelah pelaksanaan proses pengujian operasional sistem untuk menghasilkan produk biodiesel, maka telah didapatkan data hasil pengujian dalam hal ini adalah tahap produksi biodiesel dengan menggunakan *Oscillatory Flow Reactor* dan yang menjadi penunjukkan parameter yang dapat diketahui saat proses berlangsungnya reaksi mulai dari tahap pencampuran, tahap pemanasan, dan tahap melewati *Oscillatory Flow Reactor* secara kontinyu. Untuk beberapa pengujian dalam penelitian ini menggunakan komposisi bahan baku yang sama. Adapun komposisinya sebagai berikut :

Tabel 1. Komposisi Bahan Baku

Minyak Sawit (liter)	Methanol (liter)	Katalis (NaOH) (gram)	Persentasi Kelapa Sawit (%)	Persentasi methanol (%)	Ket.
20	3,2	120	84,9	16,1	Rasio molaritas minyak dengan methanol (1,0 : 0,16)

Tabel 2. Data Hasil Pengujian

Percobaan		Reaksi			Hasil		
		Proses	Suhu (° C)	Waktu (menit)	Volume Biodiesel (liter)	Volume gliserol (liter)	Ket
A	1	Pemanasan Minyak Kelapa	32 s/d 50	20	20,4	2,8	
	2	Pencampuran Minyak Kelapa dengan Methanol	50 s/d 65	19			
	3	Reaksi pada reaktor	65 s/d 62	3			
B	1	Pemanasan Minyak Kelapa	32 s/d 50	18	20,2	3	
	2	Pencampuran Minyak Kelapa dengan Methanol	50 s/d 65	22			
	3	Reaksi pada reaktor	65 s/d 62	2,5			
C	1	Pemanasan Minyak Kelapa	32 s/d 50	20	20,6	2,6	
	2	Pencampuran Minyak Kelapa dengan	50 s/d 65	19			

		Methanol					
	3	Reaksi pada reaktor	65 s/d 62	3			

b. Analisa data

1) Persentase produksi biodiesel reaktor sistem kontinyu (%)

Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh maka tingkat efektifitas produksi biodiesel yang dihasilkan dapat dihitung seperti pada perhitungan berikut :

Data – data yang digunakan untuk percobaan 1 tabel 2.

V_{bio} : Volume biodiesel yang dihasilkan (liter)

V_{tot} : Volume total dari reaktan (liter)

Diketahui : $V_{bio} = 20,4$ liter

$V_{tot} = 23,2$ liter

$$\begin{aligned} \text{Perhitungan eff} &= \frac{V_{bio}}{V_{tot}} \times 100\% \\ &= \frac{20,4}{23,2} \times 100\% \\ &= 87,93\% \end{aligned}$$

2) Persentase gliserol reaktor sistem kontinyu (%)

Gliserol merupakan hasil produk sampingan dalam produksi biodiesel. Berdasarkan sifatnya gliserol yang sangat mudah menggumpal dan juga akan menyebabkan penyumbatan pada aliran bahan bakar di mesin diesel, sehingga harus dipisahkan dari biodiesel. Akan tetapi gliserol

dapat dimanfaatkan atau dijadikan sebagai campuran sabun dan berbagai bahan kosmetik. Berdasarkan hasil pengujian yang didapatkan maka efektifitas dari sisi keluaran gliserol seperti pada perhitungan sebagai berikut :

Data – data yang digunakan percobaan 1 tabel 2.

V_{gli} : Volume gliserol yang dihasilkan (liter)

V_{tot} : Volume total dari reaktan (liter)

Diketahui : $V_{gli} = 2,8$ liter

$V_{total} = 23,2$ liter

$$\begin{aligned} \text{Perhitungan Eff} &= \frac{V_{gli}}{V_{total}} \times 100 \% \\ &= \frac{2,8}{23,2} \times 100 \% \\ &= 12,07 \% \end{aligned}$$

3) Kapasitas produksi reaktor sistem kontinu (%)

Data – data yang digunakan untuk percobaan 1 tabel 2 sebagai berikut :

V_{bio} : Volume biodiesel yang dihasilkan (liter)

t : Waktu mengalirkan campuran dari reaktor ke tangki

Diketahui : V_{tot} : 23,2 liter

$$\begin{aligned} t &: 3 \text{ menit} = 3 \times 60 \text{ detik} \\ &= 180 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perhitungan } Q_{\text{tot}} &= \frac{V_{\text{tot}}}{t} \\ &= \frac{23,2 \text{ liter}}{180 \text{ detik}} \\ &= 0,1289 \text{ liter/detik} \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan kapasitas produksi biodiesel (Q_{bio}) yaitu :

$$\begin{aligned} Q_{\text{bio}} &= \frac{V_{\text{bio}}}{V_{\text{tot}}} \times Q_{\text{tot}} \\ &= \frac{20,4 \text{ liter}}{23,2 \text{ liter}} \times 0,1289 \text{ liter / detik} \\ &= 0,1133 \text{ liter / detik} \end{aligned}$$

Jadi berdasarkan hasil perhitungan didapatkan jumlah kapasitas produksi yang bisa dihasilkan dari modifikasi *Oscillatory Flow Reactor* yaitu sebesar 0,1133 liter / detik dan hasil perhitungan untuk kapasitas produksi pada percobaan hasil pengujian yang lain dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisa data pengujian

No	Percobaan	Persentase biodiesel (%)	Persentase Gliserol (%)	Kapasitas produksi total (Q) (liter / detik)	Kapasitas produksi biodiesel (Q) (liter / detik)
1	I	87,93	12,07	0.1289	0,1133
2	II	87,06	12,94	0.1546	0,1354
3	III	88,80	11,20	0.1289	0,1154

4) Kecepatan aliran dalam reaktor (Vs)

Q = Kapasitas produksi alat (m³/detik)

D = Diameter dalam penampang reaktor (m)

Diketahui Q = 0,1289 liter/detik

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2 = 0,000506451 \text{ m}^2$$

Perhitungan Vs = $\frac{Q}{A}$

$$\begin{aligned} &= \frac{0,1289 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}}{0,000506451 \text{ m}^2} \\ &= 0,2544 \text{ m/s} \end{aligned}$$

5) Bilangan Reynold

V_s = Kecepatan aliran (mm/s)

D = diameter pipa (mm)

ν = viskositas kinematik (mm²/s)

$$\text{Re} = \frac{V_s \times D}{\nu}$$

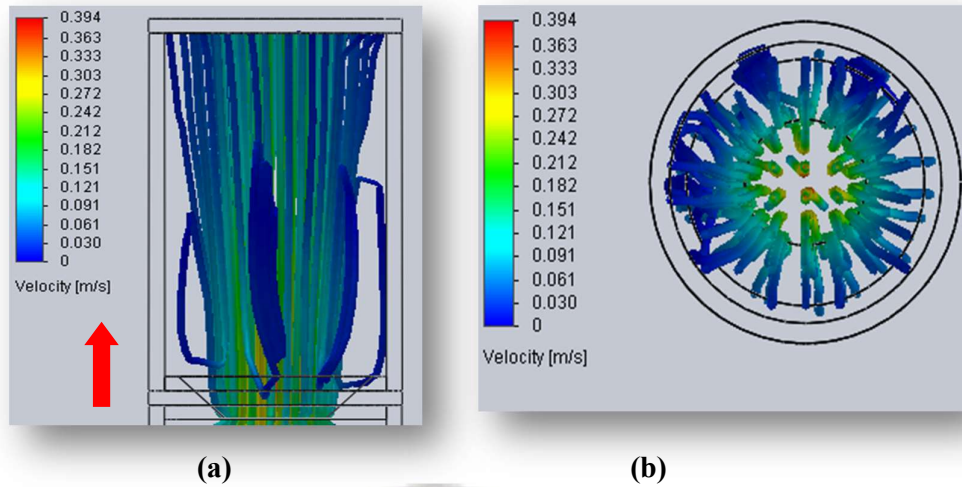
$$= \frac{0,2544 \cdot 10^3 \text{ mm/s} \times 25,4 \text{ mm}}{4,5 \text{ mm}^2/\text{s}}$$

$$= 1435,95$$

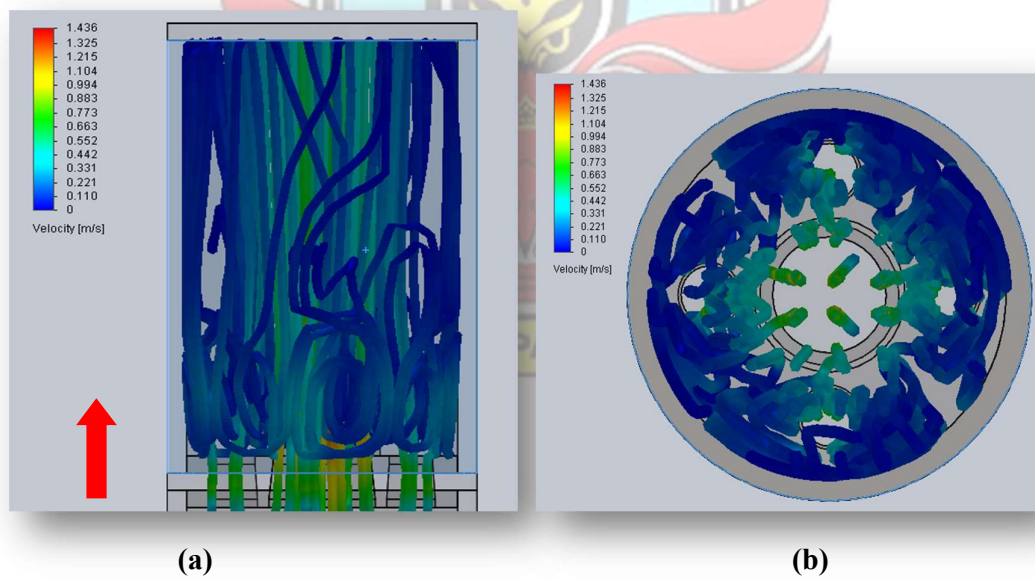
Tabel 4. Hasil perhitungan bilangan Reynold

No.	Kecepatan Aliran (mm/s)	Diameter Pipa (mm)	Viskositas Kinematik (mm ² /s)	Bilangan Reynold
1	254,4	25,4	4,5	1435,95
2	305,4	25,4	4,5	1723,81
3	254,4	25,4	1,50	4307,84

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan bilangan Reynold dari modifikasi *Oscillatory Flow Reactor* antara 1435,95 – 4307,84. Nilai bilangan Reynold menunjukkan aliran dalam reaktor pada percobaan I dan II masih dalam kondisi laminar namun pada percobaan III menunjukkan aliran turbulen. Selain mengetahui besarnya nilai bilangan Reynold dari aliran sekaligus dapat dilihat pola aliran dari alat *Oscillatory Flow Reactor* dengan menggunakan software SolidWorks sekaligus membandingkan pola aliran reaktor sebelum dimodifikasi dan setelah dimodifikasi yang ditampilkan pada gambar 7 dan gambar 8.



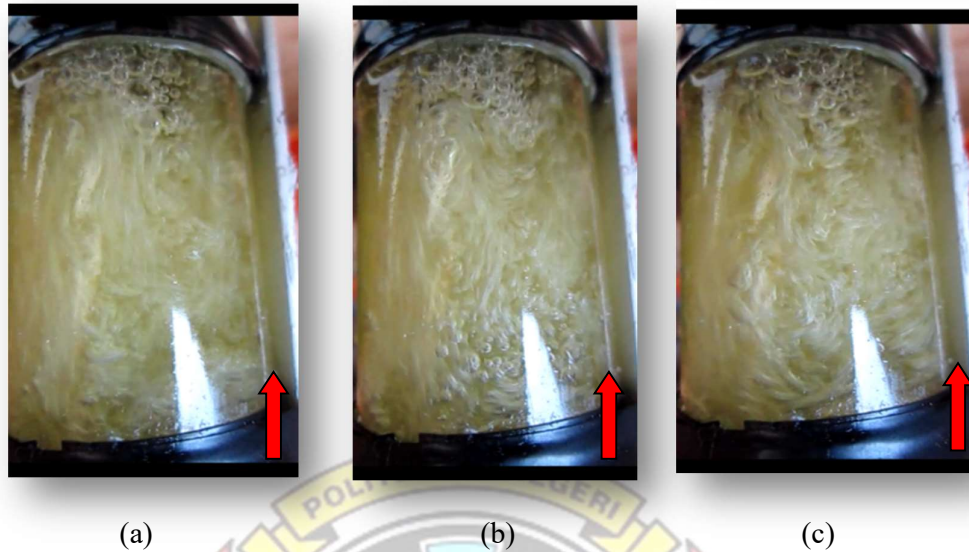
Gambar 7. Pola aliran didalam *Oscillatory Flow Reactor* sebelum dimodifikasi simulasi dengan SolidWorks (a) tampilan tampak samping; (b) tampilan tampak atas.



Gambar 8. Pola aliran didalam *Oscillatory Flow Reactor* setelah dimodifikasi simulasi dengan SolidWorks (a) tampilan tampak samping; (b) tampilan tampak atas

Berdasarkan parameter debit (Q) dan temperatur (T) masukan ke reaktor (P) menampilkan hasil simulasi SolidWorks pola aliran pada reaktor sebelum dimodifikasi yang ditampilkan pada gambar 7 dan pola aliran pada reaktor yang telah dimodifikasi yang ditampilkan pada gambar 8. Dari hasil kedua gambar tersebut menunjukkan perbandingan pola aliran yang berbeda dimana pada reaktor sebelum modifikasi (gambar 7) menggambarkan pola aliran yang cenderung tidak terlalu berosilasi sedangkan pola aliran pada reaktor setelah dimodifikasi (gambar 8) menunjukkan pola aliran yang berosilasi secara tidak beraturan.

Selain itu hasil simulasi pola aliran reaktor setelah dimodifikasi menampilkan kecepatan aliran dominan yang ditandai dengan warna biru muda yaitu 0,221 m/s dan hasil tersebut tidak jauh beda dengan nilai perhitungan kecepatan secara teori yaitu sebesar 0,254 m/s. Sedangkan untuk memvalidasi pola aliran dari alat *Oscillatory Flow Reactor* dilakukan pengujian langsung dengan menggunakan pipa glas transparan dengan pengamatan menggunakan kamera high speed yang ditampilkan pada gambar 8.



Gambar 9. Pola aliran didalam *Oscillatory Flow Reactor* secara real (kondisi nyata)

Pola aliran dari pengujian langsung yang ditampilkan secara berkelanjutan dimulai dari gambar (a) sampai (c) pada gambar 9 menunjukkan gambar pola aliran yang hampir sama dengan hasil simulasi SolidWorks (gambar 8).

6) Kualitas Produk Biodiesel

Berdasarkan hasil tiga sampel produk biodiesel yang telah dilakukan uji mutu pada laboratorium kimia dan laboratorium energi dengan beberapa parameter penting dari biodiesel (*flash point*, densitas, viskositas, nilai kalor). Hasil dari uji mutu tersebut menunjukkan parameter kualitas biodiesel masuk dalam kategori baik, hal demikian karena semua parameter masuk dalam standar pengukuran ASTM D6751

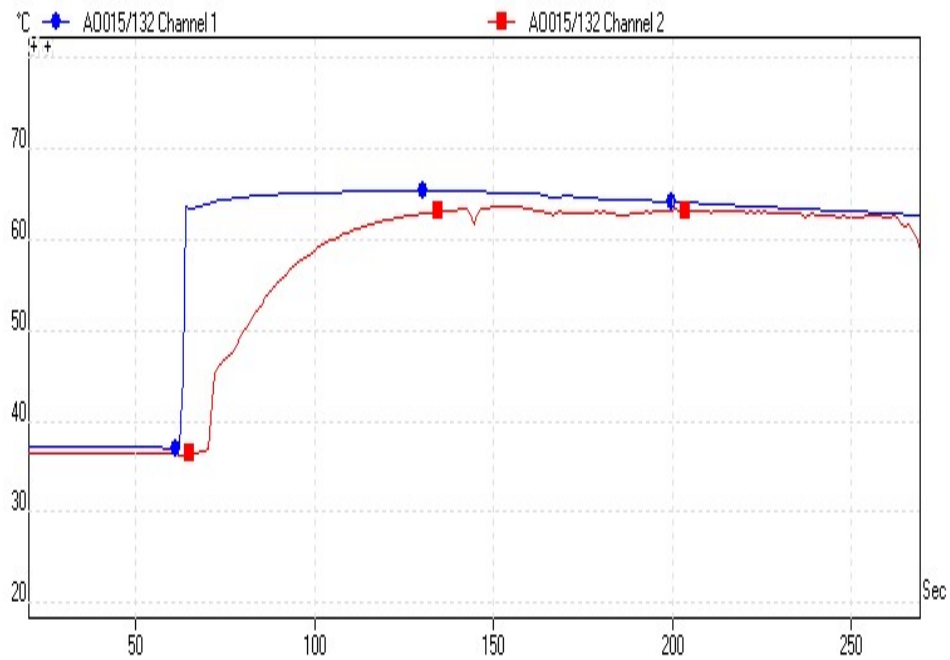
dan SNI 7182:2012. Hasil uji mutu biodiesel yang dilakukan di Laboratorium Kimia dan Laboratorium Energi Politeknik Negeri Ujung pandang dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Parameter kualitas biodiesel berdasarkan standar (American and Indonesian).

No	Standar Spesifikasi	ASTM D6751	SNI 7182: 2012	Biodiesel hasil modifikasi OFR
1	Densitas, kg/m^3	860 -900	850 -890	860
2	Viskositas, mm^2/det	1,9 – 6.0	2,3 - 6	1,5 – 4,5
3	Flash point, $^{\circ}C$	≥ 130	Min 100	120 -134
4	Total sulfur, %	< 0,05	0,01	-
5	Nilai Kalor , Mj/kg	-	-	41

7) Efektifitas isolasi *Oscillatory Flow Reactor*

Besarnya efektifitas isolasi dari alat *Oscillatory Flow Reactor* dapat dilihat berdasarkan hasil dari pendataan temperatur secara real time dengan menggunakan alat kontrol Pico AO015/132 dan hasil dari pendataan tersebut dapat dilihat pada lampiran C-1 dan gambar 10. sebagai berikut.



Keterangan
Channel 1 Inlet Reaktor
Channel 2 Outlet Reaktor

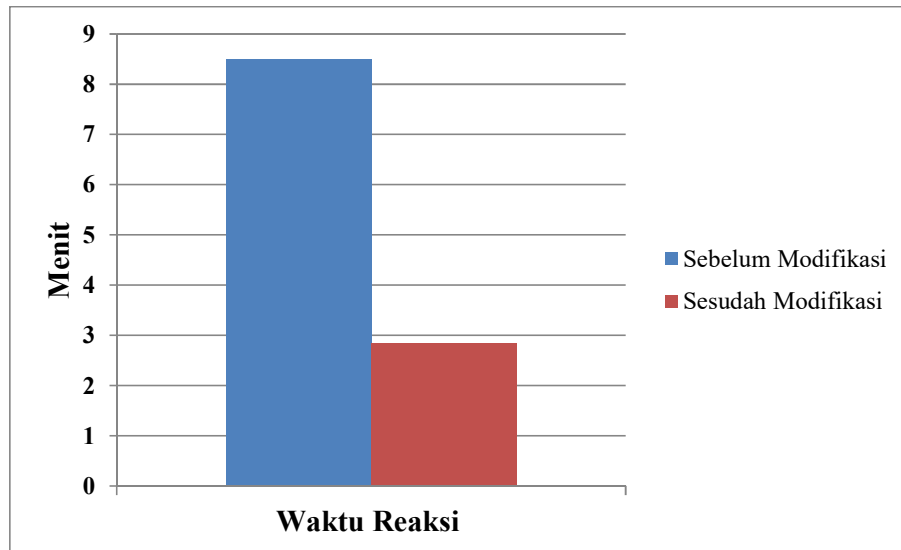
Gambar 10. Grafik hasil pengukuran temperatur *Oscillatory Flow Reactor* dengan menggunakan alat control Pico AO015/132 .

Pendataan temperatur pada *Oscillatory Flow Reactor* dilakukan sebelum masuk reaktor (channel 1) dan sesudah reaktor (channel 2). Berdasarkan grafik tersebut menunjukkan temperatur sebelum masuk reaktor yaitu berkisar di 65 °C dan untuk sisi keluarannya menunjukkan temperatur berkisar 63 °C. Hal tersebut menunjukkan efektifitas dari isolasi pada reaktor berfungsi dengan baik karena perubahan temperatur mulai dari masuk sampai keluar dari reaktor tidak mengalami penurunan secara signifikan. Selanjutnya data yang telah diperoleh, dibandingkan

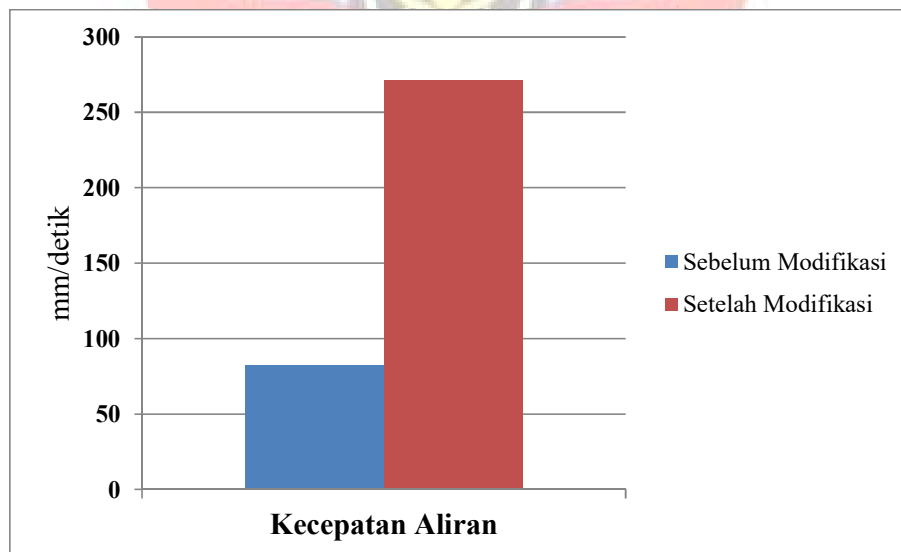
dengan perolehan data dari penelitian sebelumnya. Penyajian data ini bertujuan menilai apakah modifikasi yang dilakukan berhasil membuat kinerja dari sistem menjadi lebih optimal dari penelitian sebelumnya. Adapun data perbandingan dari penelitian sebelumnya dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan Hasil data sebelum dan setelah dimodifikasi *Oscillatory Flow Reactor*.

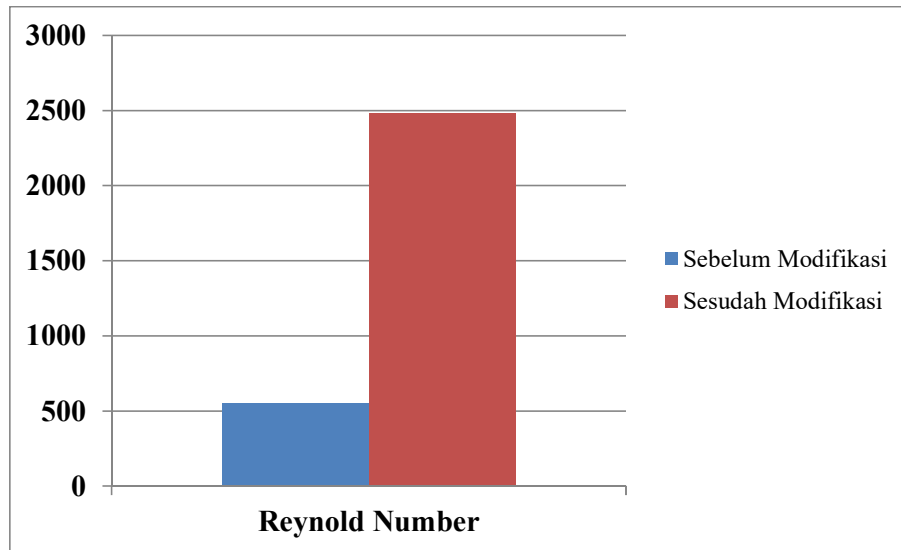
No.	Parameter		Percobaan			Rata-Rata
			I	II	III	
1	Waktu reaksi di reaktor (menit)	sebelum Modifikasi	8,00	9,00	8,50	8,50
		setelah Modifikasi	3,00	2,50	3,00	2,83
2	Persentase Biodiesel (%)	sebelum Modifikasi	84,00	82,50	82,50	83,00
		setelah Modifikasi	87,93	87,06	88,80	87,93
3	Persentase gliserol (%)	sebelum Modifikasi	16,00	17,50	17,50	17,00
		setelah Modifikasi	12,07	12,94	11,20	12,07
4	Kecepatan aliran (mm/dtk)	sebelum Modifikasi	87,13	77,45	82,00	82,19
		setelah Modifikasi	223,70	306,05	223,70	251,15
5	Q _{bio} (liter/detik)	sebelum Modifikasi	0.0442	0.01547	0.03926	0.0416
		setelah Modifikasi	0.1289	0.1546	0.1289	0.1375
6	Reynold	sebelum Modifikasi	403.2042	594.6243	659.5833	552.47062
		setelah Modifikasi	1431.5862	1717.9034	4294.7586	2481.4160



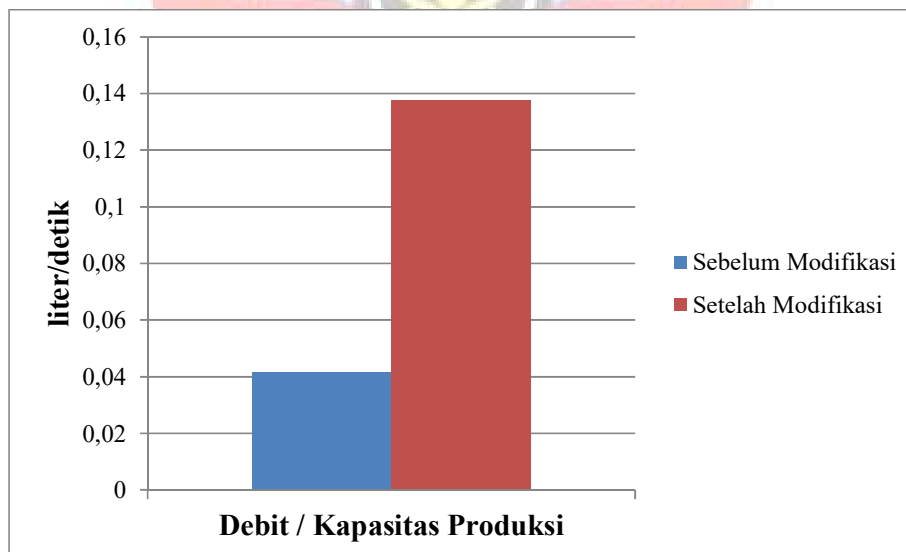
Gambar 11. Grafik perbandingan waktu reaksi sebelum modifikasi dan setelah modifikasi



Gambar 12. Grafik perbandingan kecepatan aliran fluida sebelum modifikasi dan setelah modifikasi

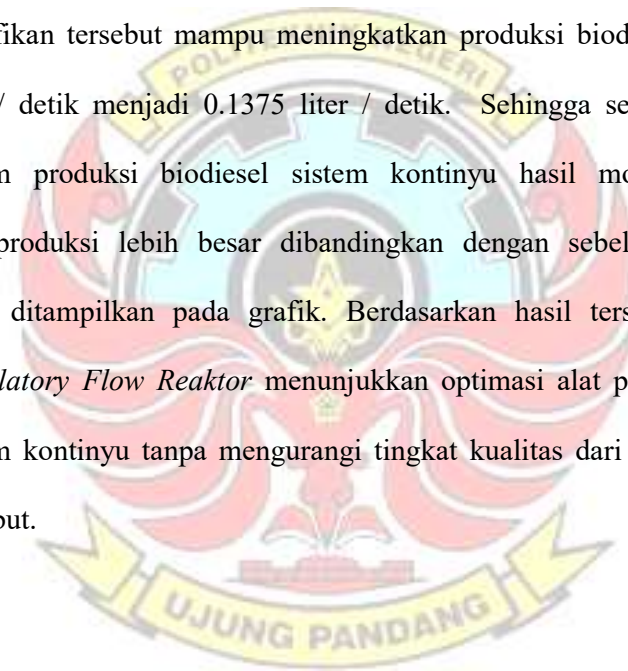


Gambar 13. Grafik perbandingan bilangan Reynold sebelum modifikasi dan setelah modifikasi



Gambar 14. Grafik perbandingan debit/kapasitas produksi sebelum modifikasi dan setelah modifikasi

Berdasarkan gambar 11, menunjukkan perbandingan waktu yang sangat signifikan sebelum alat *Oscillatory Flow Reactor* dimodifikasi dan setelah dimodifikasi dimana waktu reaksi setelah dimodifikasi lebih pendek dari pada sebelum modifikasi. Sedangkan pada gambar 12 menampilkan kecepatan aliran dalam reaktor setelah OFR dimodifikasi yang mengalami peningkatan secara drastis dibandingkan sebelum dimodifikasi. Akibat dari perubahan waktu dan kecepatan aliran yang signifikan tersebut mampu meningkatkan produksi biodiesel dari 0.0416 liter / detik menjadi 0.1375 liter / detik. Sehingga secara keseluruhan sistem produksi biodiesel sistem kontinyu hasil modifikasi mampu memproduksi lebih besar dibandingkan dengan sebelum dimodifikasi yang ditampilkan pada grafik. Berdasarkan hasil tersebut, modifikasi *Oscillatory Flow Reactor* menunjukkan optimasi alat produksi biodiesel sistem kontinyu tanpa mengurangi tingkat kualitas dari produk biodiesel tersebut.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil modifikasi dan pengujian *Oscillatory Flow Reactor* sistem kontinyu untuk produksi biodiesel dapat disimpulkan bahwa :

1. Komponen – komponen yang telah dirancang bangun yaitu sebagai berikut :
 - a. Reaktor Osilasi (*Oscillatory Flow Reactor*) yang berfungsi sebagai tempat berlangsungnya reaksi pencampuran secara sempurna untuk menghasilkan biodiesel.
 - b. Instalasi pemipaan dan instalasi kelistrikan sebagai komponen pendukung dari reaktor sistem kontinyu.
 - c. Penambahan alat pengukur temperatur untuk pendataan temperatur reaktan secara real time.
2. Modifikasi dari *Oscillatory Flow Reactor* sistem kontinyu pada alat produksi biodiesel mampu memperpendek durasi waktu proses reaksi dari 8,5 menit menjadi 2,83 menit sehingga modifikasi *Oscillatory Flow Reactor* ini lebih efisien sekaligus mampu meningkatkan kapasitas produksi dan tetap menjaga kualitas sesuai dengan standar.
3. Efektifitas kinerja dari *Oscillatory Flow Reactor* mampu menghasilkan menibkatkan kecepatan aliran dalam reaktor. Hal ini disebabkan karena model baffle reaktor yang berbentuk nosel dan penambahan lubang

menjadi lima buah. Selain itu bilangan Reynold yang didapatkan menunjukkan aliran dalam reaktor dalam kondisi laminar dan pada percobaan III aliran Turbulen dengan nilai Re berkisar antara 1431,5862–4294,7586.

B. Saran

1. Karena metode yang dibuat sudah mempunyai keandalan yang baik maka diharapkan pengembangan lebih lanjut dari alat produksi biodiesel sistem kontinyu dengan menggunakan *Oscillatory Flow Reactor* dapat ditunjang dengan rangkaian kontrol yang mampu mengendalikan katup – katup alat produksi secara otomatis agar selama proses produksi berlangsung dengan pengawasan yang lebih teratur dan aman.
2. Alat produksi biodiesel sistem kontinyu dengan menggunakan *Oscillatory Flow Reactor* diharapkan kedepannya mampu memanfaatkan bahan baku dari minyak jelantah sehingga alat produksi ini selain mampu menghasilkan biodiesel sekaligus mampu memanfaatkan bahan baku minyak yang sudah tidak terpakai .
3. Butuh kerjasama yang baik antara dosen pembimbing dan teman sekerja dalam proses merancang bangun agar hasil yang diperoleh lebih maksimal dan lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Biodiesel Times. 2005. *Biodiesel Times – Biodiesel*. [Online]. (<http://biodiesel.rain-barrel.net/biodiesel/>. diakses 23 Januari 2014).
- Fajrin. 2012. *BIOSOLAR: Pertamina Klaim Peningkatan Penjualan*. [Online]. (<http://industri.bisnis.com/read/20120719/44/86941/biosolar-pertamina-klaim-peningkatan-penjualan>. diakses tanggal 16 September 2014).
- Gerpen J. H. Van ,B. B. He, J. C. Thompson, and D. W. Routt. 2007. *Moisture Absorption in Biodiesel and its Petro-diesel blends, American Society of Agricultural and Biological Engineers*. ISSN 0883–8542.
- Hikmah, Maharani Nurul. dan Zuliyana. 2010. *Pembuatan Metil Ester (Biodiesel) Dari Minyak Dedak Dan Metanol Dengan Proses Esterifikasi Dan Transesterifikasi*. Universitas Diponegoro : Semarang.
- Harvey A. 2003. *Process Intensification of Biodiesel Production Using a Continuous Oscillatory Flow Reactor*. Journal of Chemical Technology & Biotechnology. The University of Cambridge : United Kingdom.
- Kementrian ESDM. 2006. *Blueprint Pengelolaan Energi Nasional 2005-2025*. [pdf]. (http://www.esdm.go.id/publikasi/lainlain/doc_download/714-blueprint-pengelolaan-energi-nasional diunduh tanggal 27 Februari 2014).
- Kementrian ESDM. 2014. *Peresmian (Launching) Uji Jalan (Road Test) Pemanfaatan Biodiesel (B20) Pada Kendaraan Bermotor*. [Online]. (<http://www.esdm.go.id/siaran-pers/55-siaran-pers/6874-peresmian-launching-uji-jalan-road-test-pemanfaatan-biodiesel-b20-pada-kendaraan-bermotor.html> diakses tanggal 16 September 2014).
- Musanif Jamil. *Biodiesel*. [pdf]. (http://pphp.deptan.go.id/xplore/view.php?file=PENGOLAHAN-HASIL/BioEnergi-Lingkungan/BioEnergi_Perdesaan/BIOFUEL/Biodiesel/Biodiesel.pdf. diunduh tanggal 29 Januari 2014).
- Miguel Fernandes Reis Nuno. 2006. *Novel Oscillatory Flow Reactors for Biotechnological Applications*. Universidade do Minho
- Priya S Dhote, V.N. Ganvir. 2014. *Methanolysis of High FFA Mahua Oil in An Oscillatory Baffled (batch) Reactor*. International Journal of Chemical and Physical Sciences. ISSN:2319-6602.

Yunus Vikramardeni. 2012. *Rancang Bangun dan Pengujian Reaktor Sistem Kontinyu untuk Produksi Biodiesel* (Laporan Tugas Akhir). Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Wenten, I Gede dan Nasution, Mala Hayati. 2010. *Review Proses Produksi Biodiesel dengan Menggunakan Membran Reaktor*. Seminar Rekayasa Kimia dan Proses ISSN : 1411-4216

Wikipedia. *Biodiesel*. [Online]. (<http://en.wikipedia.org/wiki/Biodiesel>. diakses tanggal 22 Januari 2014).



LAMPIRAN A

Proses Perancangan





Lampiran A-1. Gambar hasil pemotongan pipa sambungan reaktor osilasi



Lampiran A-2. Gambar hasil baffle reaktor



Lampiran A-3. Gambar proses penyambungan baffle reaktor



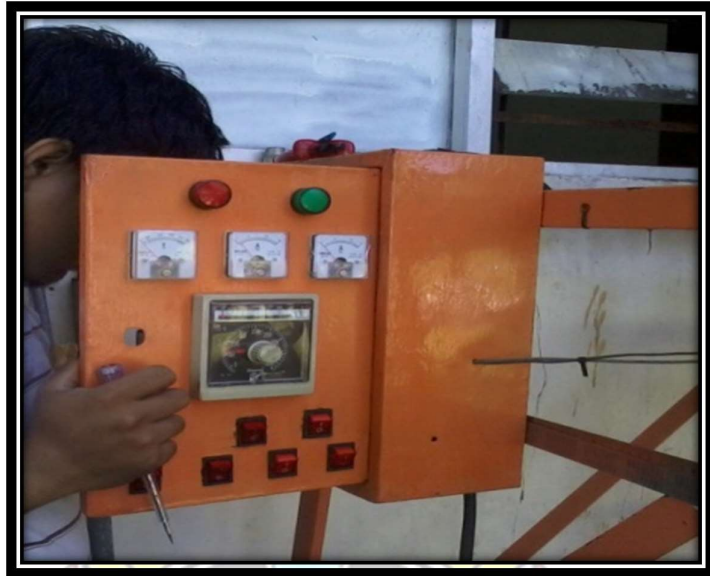
Lampiran A-4. Gambar hasil ulir pipa sambungan reaktor



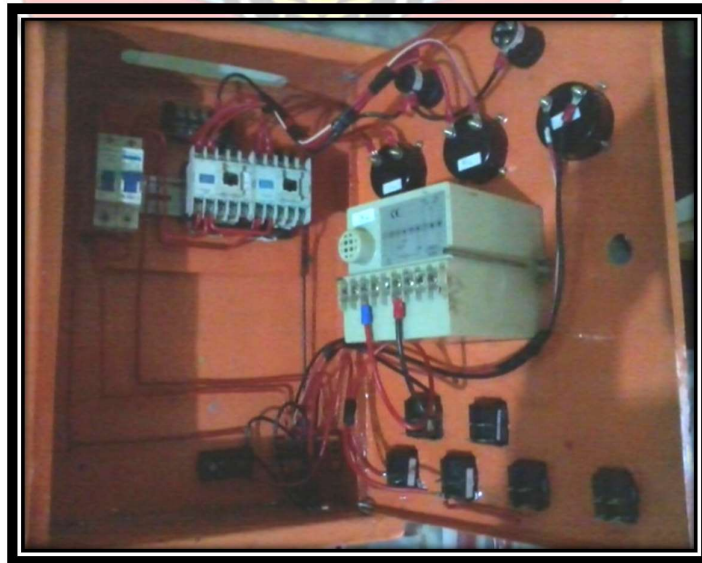
Lampiran A-5. Gambar proses perakitan instalasi pemipaan



Lampiran A-6. Gambar proses pengerjaan instalasi pemipaan



Lampiran A-7. Gambar proses pengerjaan alat kontrol



Lampiran A-8. Gambar panel control



Lampiran A -9. Gambar hasil perakitan alat produksi biodiesel yang belum di isolasi



Lampiran A -10. Gambar hasil perancangan yang siap untuk pengujian

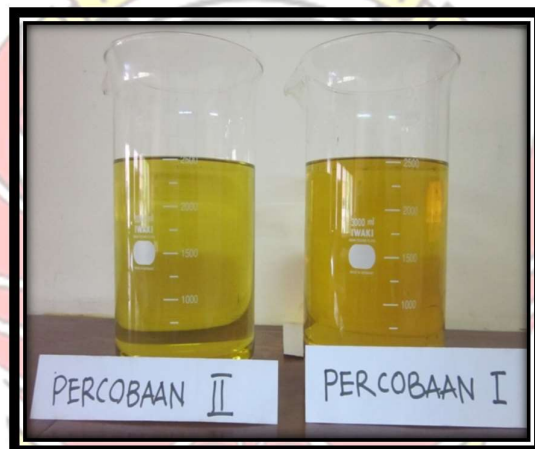
LAMPIRAN B

Proses Pengujian Alat





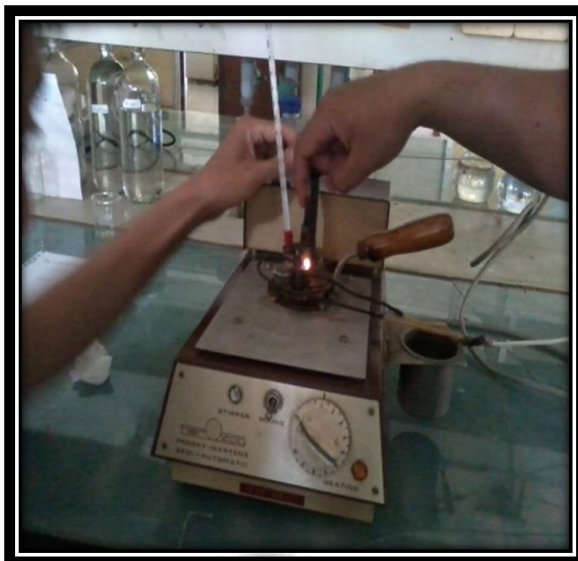
Lampiran B-1. Gambar proses pengujian alat



Lampiran B-2. Gambar produk Biodiesel



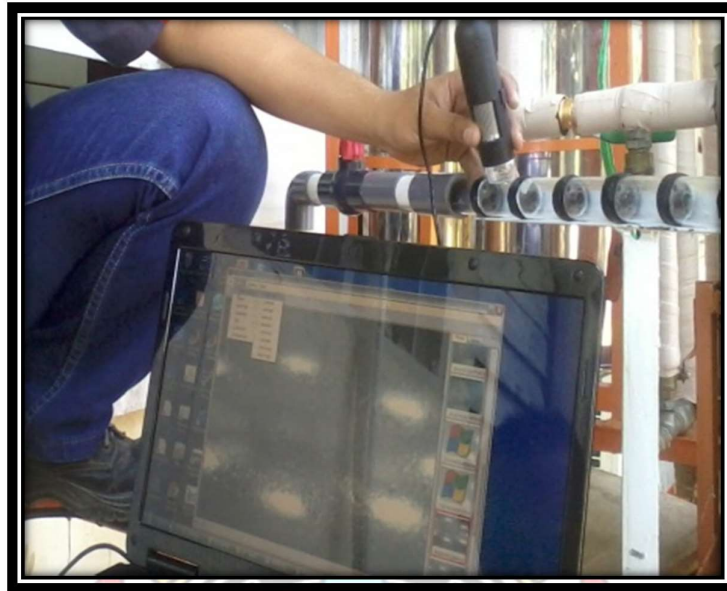
Lampiran B-3. Gambar produk Gliserol



Lampiran B-4. Gambar pengujian flash point produk



Lampiran B-5. Gambar pengujian nilai kalor produk



Lampiran B-6. Gambar pengujian untuk melihat pola aliran dalam reactor secara real

LAMPIRAN C

**Data – data hasil
pengujian**



LAMPIRAN C-1. Data pengukuran temperature sebelum masuk reaktor dan sesudah reaktor

Time	AO015/132 Channel 1	AO015/132 Channel 2
Seconds	°C	°C
65	63.64	36.38
66	63.41	36.47
67	63.42	36.52
68	63.58	36.59
69	63.74	36.63
70	63.89	36.67
71	63.99	36.94
72	64.11	42.03
73	64.18	45.41
74	64.29	46.08
75	64.36	46.56
76	64.43	46.91
77	64.51	47.32
78	64.57	47.77
79	64.61	48.42
80	64.53	49.18
81	64.71	49.91
82	64.75	50.49
83	64.81	51.17
84	64.84	51.84
85	64.88	52.36
86	64.90	52.98
87	64.93	53.56
88	64.97	54.06
89	64.98	54.56
90	65.00	55.06
91	65.02	55.47
92	65.04	55.94
93	65.06	56.36
94	65.07	56.70
95	65.09	57.07
96	65.11	57.44
97	65.14	57.73
98	65.15	58.06
99	65.16	58.37
100	65.16	58.62
101	65.18	58.92
102	65.19	59.19
103	65.21	59.42
104	65.22	59.67
105	65.23	59.88
106	65.23	60.06
107	65.24	60.26
108	65.24	60.43



109	65.26	60.61
110	65.25	60.78
111	65.26	60.97
112	65.27	61.11
113	65.28	61.26
114	65.28	61.38
115	65.29	61.48
116	65.29	61.63
117	65.29	61.75
118	65.30	61.85
119	65.31	61.96
120	65.30	62.07
121	65.32	62.17
122	65.31	62.26
123	65.32	62.34
124	65.31	62.42
125	65.31	62.51
126	65.32	62.59
127	65.32	62.66
128	65.31	62.73
129	65.31	62.79
130	65.31	62.84
131	65.31	62.89
132	65.31	62.97
133	65.31	62.99
134	65.31	63.05
135	65.31	63.11
136	65.32	63.14
137	65.31	63.19
138	65.31	63.20
139	65.30	63.25
140	65.29	63.09
141	65.30	63.30
142	65.30	63.36
143	65.31	63.39
144	65.31	62.63
145	65.30	61.75
146	65.29	62.79
147	65.28	63.36
148	65.25	63.46
149	65.23	63.51
150	65.22	63.56
151	65.22	63.58
152	65.20	63.62
153	65.17	63.62
154	65.13	63.59
155	65.11	63.57
156	65.11	63.64
157	65.10	63.70
158	65.09	63.66
159	65.07	63.49
160	65.06	63.31
161	65.05	63.33



162	65.03	63.10
163	65.01	63.14
164	64.98	63.13
165	64.92	63.00
166	64.74	62.89
167	64.69	62.78
168	64.71	63.00
169	64.75	63.08
170	64.77	63.00
171	64.79	62.94
172	64.78	62.97
173	64.73	62.90
174	64.68	62.96
175	64.64	62.80
176	64.60	62.89
177	64.56	62.87
178	64.54	62.85
179	64.52	63.05
180	64.50	62.99
181	64.48	63.12
182	64.45	62.95
183	64.44	62.84
184	64.42	62.80
185	64.40	62.59
186	64.39	62.60
187	64.37	62.78
188	64.37	62.66
189	64.36	62.94
190	64.34	62.82
191	64.32	62.91
192	64.31	62.91
193	64.29	63.08
194	64.27	63.01
195	64.25	63.10
196	64.25	63.16
197	64.22	63.14
198	64.20	63.18
199	64.19	63.08
200	64.18	63.20
201	64.15	63.31
202	64.14	63.21
203	64.11	63.15
204	64.10	63.13
205	64.08	63.24
206	64.05	63.24
207	64.03	63.20
208	64.00	63.21
209	63.97	63.18
210	63.96	63.16
211	63.93	63.00
212	63.91	63.13
213	63.88	63.21
214	63.85	63.26



215	63.84	63.25
216	63.81	63.21
217	63.79	63.08
218	63.76	63.15
219	63.75	63.14
220	63.74	63.18
221	63.73	63.01
222	63.71	63.11
223	63.67	62.96
224	63.64	63.06
225	63.62	62.90
226	63.60	63.07
227	63.58	62.94
228	63.56	62.92
229	63.55	62.91
230	63.52	62.96
231	63.50	62.89
232	63.48	62.97
233	63.46	62.99
234	63.45	62.81
235	63.43	62.89
236	63.40	62.89
237	63.38	62.50
238	63.35	62.64
239	63.34	62.81
240	63.31	62.76
241	63.29	62.78
242	63.28	62.74
243	63.27	62.77
244	63.25	62.62
245	63.23	62.69



HASIL UJI LAB KIMIA

LAMPIRAN C-2. Tabel hasil uji laboratorium produk biodiesel hasil percobaan

No	Standar Spesifikasi	Percobaan I	Percobaan II	Percobaan III	Rata - rata
1	Densitas, $\frac{kg}{m^3}$	859,88	860,13	865,37	861,80
2	Viskositas (41°C), centi puise	6	6	2	4,66
3	Flash point, °C	120	134	130	128

Makassar, 9 september 2014


Petugas Lab kimia

LAMPIRAN C-3. Data hasil nilai kalor berdasarkan uji laboratorium menggunakan alat Parr 6400 Calorimeter.

Parr 6400
Calorimeter
 Rev. 080430172139
 08/22/14 09:43:41

Mode: Determination
 Method: Dynamic Type: Final
Sample ID: B1001E54

Bomb ID 1 EE Value 957.3442
 Weight 1.0000 Spike Wght 0.0000
 Fuse 50.0000 Acid 10.0000
 Sulfur 0.0000
 Init. Temp 29.4888 Temp. Rise 10.2123
 Jacket T 29.9822
Gross Heat 9716.7282
 cal/g

Parr 6400
Calorimeter
 Rev. 080430172139
 08/21/14 14:35:53

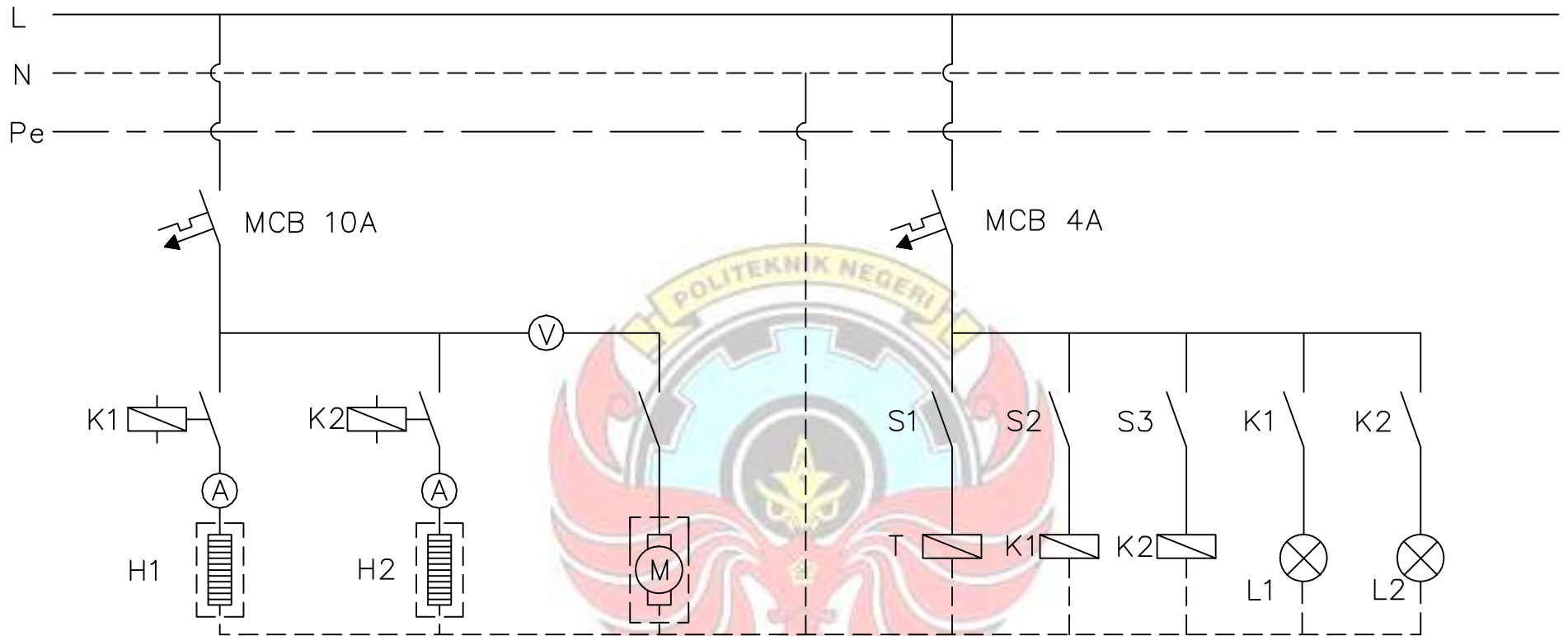
Mode: Determination
 Method: Dynamic Type: Final
Sample ID: B1001E53

Bomb ID 1 EE Value 957.3462
 Weight 1.0000 Spike Wght 0.0000
 Fuse 50.0000 Acid 10.0000
 Sulfur 0.0000
 Init. Temp 30.3653 Temp. Rise 10.3541
 Jacket T 30.4751
Gross Heat 9852.4962
 cal/g

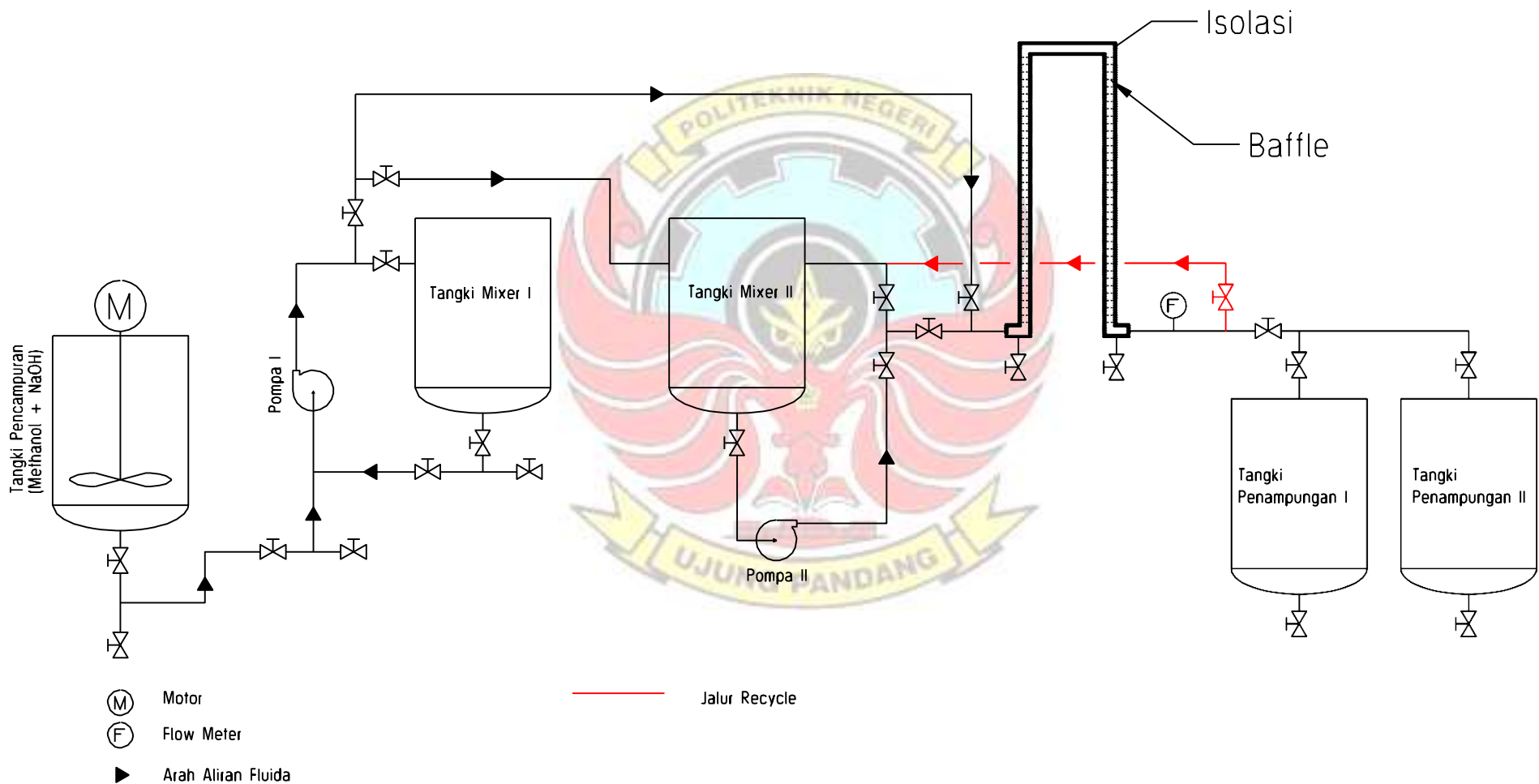
LAMPIRAN D

Gambar Spesifikasi Rancangan dan Jadwal Kegiatan

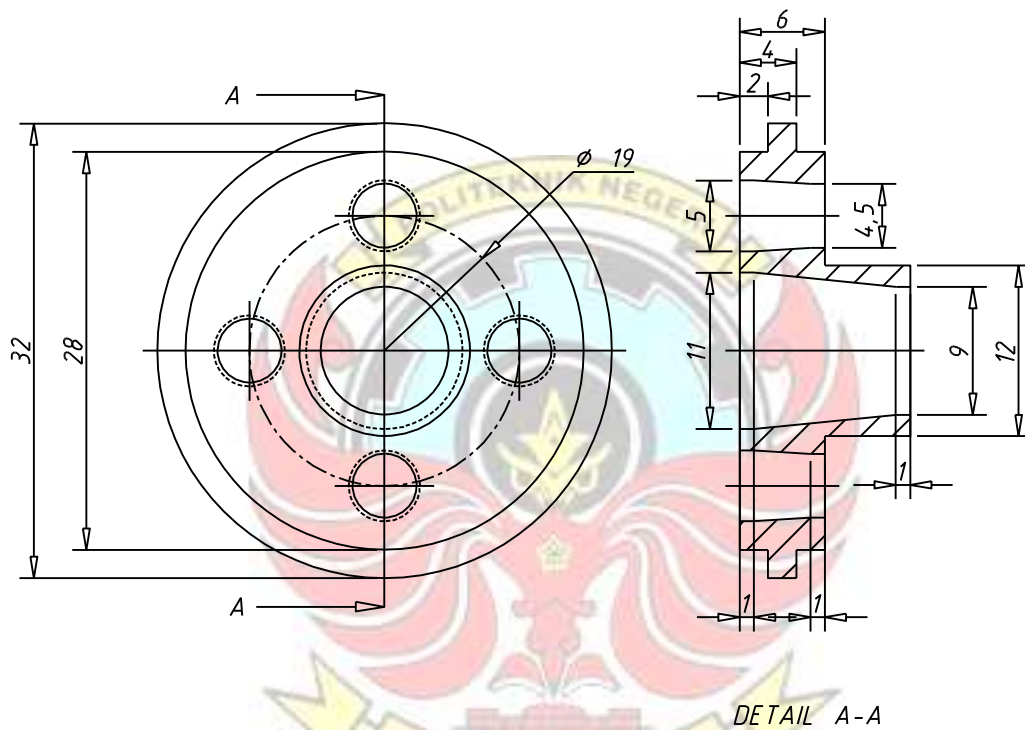


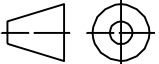


0	0	1	-	-	-	-			
			NAMA BAGIAN	NO. BGN	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN		
			PERUBAHAN : ACC/Revisi/Ulang				Proyeksi		
			Diagram Kontrol Alat Produksi LAMPIRAN D-1			Skala	Digambar	Zulkifli	5-4-14
									Diperiksa
			TEKNIK PEMBANGKIT ENERGI POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG			Nomor Gambar		64	
								002-TUGAS-AKHIR	



LAMPIRAN D-2. Line Diagram Instalasi Proses Produksi Biodiesel Sistem Kontinyu dengan *Oscillatory Flow Reactor* (OFR)



0	0	1	Baffe	-	ST-42	-	-
			NAMA BAGIAN	NO. BGN	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN
			PERUBAHAN : ACC/Revisi/Ulang			Proyeksi 	
			Baffle Oscillatory Flow Reactor LAMPIRAN D-3			Skala 2:1	Digambar Zulkifli
			TEKNIK PEMBANGKIT ENERGI POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG			5-4-14 Diperiksa	
						Nomor Gambar 66 001-TUGAS-AKHIR	

Lampiran D-4. Tabel Jadwal Kegiatan

No	Nama Kegiatan	Waktu																							
		Maret				April				Mei				Juni				Juli				Agustus			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1	Pengecekan dan pembelian komponen yang dibutuhkan pada alat produksi biodiesel.																								
2	Melakukan pembongkaran komponen alat produksi biodiesel yang akan di modifikasi.																								
3	Pengerjaan alat (modifikasi) produksi biodiesel																								
4	Perakitan & pemasangan alat modifikasi																								
5	Pegujian alat produksi biodiesel																								
6	Uji mutu hasil produksi biodiesel																								
7	Pembuatan laporan hasil pembuatan & pengujian alat produksi biodiesel																								

**BERITA ACARA PELAKSANAAN UJIAN SIDANG
PROYEK AKHIR / TUGAS AKHIR
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG**

Pada hari ini : Pah U
Tanggal : 08 / Oktober 2014
Waktu : 13.00 - 15.00 WITA
Tempat : R. rapat. T. energi

Telah dilaksanakan Ujian Sidang Proyek Akhir mahasiswa ;
Nama : 1. Zukkpli Akmar / 44210023
2. Ridwansa / 44210028
Stambuk :
Jurusan / PS : Teknik Mesin / D-4 Teknik Pembangkit Energi

Dengan Judul : Modifikasi OFR untuk Meningkatkan
Produksi Biodiesel sistem Kontinyu

Yang bersangkutan dinyatakan :

a. ~~LULUS~~ / ~~TIDAK LULUS~~ dengan Nilai : 88,95 / 88,95

b. Wajib melaksanakan Ujian Pengulangan pada :

Hari / Tanggal :
Waktu :
Tempat :

Demikian berita acara ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Makassar,

TIM PENGUJI

Ketua,

Ir. La Ode Musa, MT

Sekretaris,

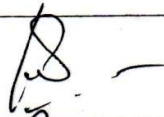
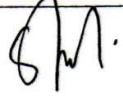




Sri Suwasti, SST, MT

Pembimbing

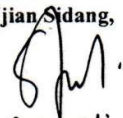
Ir. Suryanto, M.Sc., Ph.D.

**DAFTAR HADIR PENGUJI
UJIAN SIDANG
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG**

Nama : ① Zulkafli Akmar , ②. Pidwansa ~~FA~~
 Stambuk : 442 10 023 / 442 10 028
 Tanggal Ujian Sidang : Rabu , 08 Oktober 2014

No	Nama Penguji	Jabatan	Tanda Tangan
1	Ir. La Ode Musa, MT	Ketua	
2	Sri Suwasti, SST., MT	Sekretaris	
3	Musrady Mulyadi, SST., MT	Anggota	
4	Abdul Rahman, ST., MT	Anggota	
5	Ir. Suryanto, M.Sc. Ph.D	Pembimbing I	
6	Apollo, S.T., M.Eng.	Pembimbing II	
7		Pembimbing III	



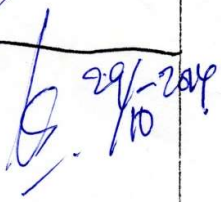
Ketua / Sekretaris
Penguji Ujian Sidang,


 Sri Suwasti, SST., MT.

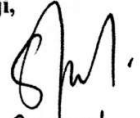
LEMBAR REVISI JUDUL PROYEK / TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA : Zulkifli Akmar / Bidwansa
 STAMBUK : 442 10 023 / 442 10 028

Catatan Penguji :

No	Nama	Uraian	Tanda Tangan
1	EAP	<ul style="list-style-type: none"> - Abstrak & judul, diperbaiki - kalimat pd laporan di sempurnakan - hal. 9, - kutipan diperbaiki, hal 10 - Gbr 6 diperjelas. 	
2	EMM	<ul style="list-style-type: none"> - Alat & Bahan ditkan - Tambahkan rangse di tinjauan pustaka. 	 28/10
3	E.LM	<ul style="list-style-type: none"> - Hal 7, baris ke-2 paragraf - Hal 9, Gbr kerja tak memiliki ukuran. - Hasil pengujian hasil di manukan. 	 29-2014 / 10

Makassar,
 Ketua / Sekretaris
 Penguji,


 Sri Sunash, SST., M7