

PRA RENCANA PABRIK

**BIODIESEL DARI LIMBAH MINYAK KELAPA SAWIT DENGAN
PROSES DEGLISERILISASI SECARA KONTINYU
KAPASITAS PRODUKSI 40.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA
REAKTOR BERPENGADUK DAN DECANTER**

SKRIPSI

Disusun Oleh:

MUHAMMAD YAHYA 0814001



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2012**

ALFRED ARTHUR BERRY

PROFESSOR OF ENGLISH LITERATURE, HARVARD UNIVERSITY
CAMBRIDGE, MASSACHUSETTS, AND SENIOR
LECTURER IN ENGLISH LITERATURE, UNIVERSITY OF

CHICAGO, ILLINOIS

REVIEWS

(1911-1912)

REVIEWS BY ALFRED ARTHUR BERRY

ALFRED ARTHUR BERRY
REVIEWS BY ALFRED ARTHUR BERRY
REVIEWS BY ALFRED ARTHUR BERRY

LEMBAR PERSETUJUAN

PRA RENCANA PABRIK

**BIODIESEL DARI LIMBAH MINYAK KELAPA SAWIT
DENGAN PROSES DEGLISERILISASI SECARA KONTINYU
KAPASITAS PRODUKSI 40.000/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA
REAKTOR BERPENGADUK DAN DECANTER**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Syarat Menempuh Wisuda
Sarjana Pada Jenjang Strata Satu (S-1)
Di Institut Teknologi Nasional Malang**


Disusun Oleh:

MUHAMMAD YAHYA 0814001

Malang, 2 Agustus 2012

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknologi Industri



Ir. Sidik Noertjahjono, MT
NIP. Y. 1028700167

Menyetujui,

Dosen Pembimbing



Jimmy, ST, MT
NIP. Y. 1039900330

THE STATE OF NEW YORK

IN SENATE

January 11, 1911

REPORT OF THE COMMISSIONERS OF THE LAND OFFICE

1910

ALBANY: J. B. LIPPINCOTT COMPANY, 1911.

ALBANY: J. B. LIPPINCOTT COMPANY, 1911.

ALBANY: J. B. LIPPINCOTT COMPANY, 1911.

ALBANY: J. B. LIPPINCOTT COMPANY, 1911.

ALBANY: J. B. LIPPINCOTT COMPANY, 1911.

ALBANY: J. B. LIPPINCOTT COMPANY, 1911.

ALBANY: J. B. LIPPINCOTT COMPANY, 1911.

ALBANY: J. B. LIPPINCOTT COMPANY, 1911.

ALBANY: J. B. LIPPINCOTT COMPANY, 1911.

ALBANY: J. B. LIPPINCOTT COMPANY, 1911.

ALBANY: J. B. LIPPINCOTT COMPANY, 1911.

ALBANY: J. B. LIPPINCOTT COMPANY, 1911.


**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : MUHAMMAD YAHYA
NIM : 0814001
Jurusan/Program Studi : TEKNIK KIMIA
Judul Skripsi : PRA RENCANA PABRIK BIODIESEL DARI
MINYAK KELAPA SAWIT DENGAN PROSES
DEGLISERILISASI SECARA KONTINYU

Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :


Hari : Sabtu
Tanggal : 4 Agustus 2012
Nilai : (A)

Ketua,



Jimmy, ST, MT
NIP. Y 103 9900 330


Sekretaris,



M. Istnaeny Hudha, ST, MT
NIP. Y 103 0400 400


Anggota Penguji,

Penguji Pertama,



Prof. Dr. Ir. Tri Poespowati, MT
NIP. 19580802 199103 2001

Penguji Kedua,



Elvianto Dwi Daryono, ST., MT
NIP. Y 103 0000 351

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : MUHAMMAD YAHYA
NIM : 0814001
Jurusan/Program Studi : Teknik Kimia / Teknik Kimia (S-1)

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi yang berjudul:

PRA RENCANA PABRIK

BIODIESEL DARI LIMBAH MINYAK KELAPA SAWIT DENGAN PROSES DEGLISERILISASI SECARA KONTINYU KAPASITAS PRODUKSI 40.000/TAHUN

PERANCANGAN ALAT UTAMA REAKTOR TRANSESTERIFIKASI

Adalah Skripsi hasil karya saya sendiri, bukan merupakan duplikasi serta tidak mengutip atau menyadur sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain yang tidak disebutkan dari sumber aslinya.

Malang, 13 Agustus 2012

Yang membuat pernyataan,



MUHAMMAD YAHYA
NIM0814001

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Pra Rencana Pabrik Biodiesel dari Limbah Minyak Kelapa Sawit dengan Proses Deglisericilisasi secara Koninyu Kapasitas 40.000 ton/tahun.*

Skripsi ini diajukan sebagai syarat dalam menempuh ujian Sarjana Jenjang Strata Satu (S – 1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang. Atas terselesaikannya skripsi ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir. Soeparno Djiwo, MT., selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Ir. Sidik Noertjahjono, MT., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Jimmy, ST., MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Dosen-Dosen Jurusan Teknik Kimia yang telah memberikan bantuan besar dalam terselesaikannya skripsi ini.
5. Semua pihak yang tidak dapat penyusun sebutkan satu-persatu, yang membantu terselesaikannya skripsi ini.

Penyusun mengharapkan agar skripsi ini dapat berguna, terutama bagi seluruh mahasiswa Jurusan Teknik Kimia. Penyusun menyadari bahwa skripsi ini jauh dari sempurna sehingga kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat penyusun harapkan.

Malang, 13 Agustus 2012

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
ABSTRAK.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	I – 1
BAB II SELEKSI DAN URAIAN PROSES.....	II – 1
BAB III NERACA MASSA.....	III – 1
BAB IV NERACA PANAS.....	IV – 1
BAB V SPESIFIKASI PERALATAN.....	V – 1
BAB VI RANCANGAN ALAT UTAMA.....	VI – 1
BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA.....	VII – 1
BAB VIII UTILITAS.....	VIII – 1
BAB IX LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK.....	IX – 1
BAB X STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN.....	X – 1
BAB XI ANALISA EKONOMI.....	XI – 1
BAB XII KESIMPULAN DAN SARAN.....	XII – 1
DAFTAR PUSTAKA.....	
APPENDIKS	
A PERHITUNGAN NERACA MASSA.....	A – 1
B PERHITUNGAN NERACA PANAS.....	B – 1
C SPESIFIKASI ALAT.....	C – 1
D UTILITAS.....	D – 1
E PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI.....	E – 1

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Karakteristik CPO parit.....	I – 5
Tabel 1.2	Perbandingan metanol dan etanol dalam proses transesterifikasi...	I – 5
Tabel 1.3	Sifat fisika metanol.....	I – 5
Tabel 1.4	Sifat fisika NaOH.....	I – 6
Tabel 1.5	Sifat fisika CaO.....	I – 6
Tabel 1.6	Sifat fisika H ₂ SO ₄	I – 6
Tabel 1.7	Komposisi magnesol.....	I – 7
Tabel 1.8	Karakteristik biodiesel dari CPO parit.....	I – 7
Tabel 1.9	Sifat fisika gliserol.....	I – 7
Tabel 1.10	Sifat fisika CaSO ₄	I – 8
Tabel 1.11	Sifat fisika Ca(OH) ₂	I – 8
Tabel 1.12	Data produksi bahan bakar diesel.....	I – 9
Tabel 1.13	Data impor bahan bakar diesel.....	I – 9
Tabel 1.14	Data konsumsi bahan bakar diesel.....	I – 9
Tabel 1.15	Data perkembangan solar di Indonesia.....	I – 9
Tabel 1.16	Data pesentase kenaikan solar di Indonesia.....	I – 10
Tabel 2.1	Seleksi proses transesterifikasi.....	II – 3
Tabel 7.1	Pemasangan alat kontrol pada pra rencana pabrik biodiesel.....	VII – 2
Tabel 7.2	Identifikasi bahaya dan penangannya.....	VII – 6
Tabel 9.2	Pemilihan lokasi dengan nilai tertinggi.....	IX – 4
Tabel 9.3	Perkiraan perincian luas daerah pabrik (m ³).....	IX – 12
Tabel 10.1	Perincian kebuuhan tenaga kerja.....	X – 10
Tabel 10.2	Daftar upah karyawan.....	X – 12

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Industri Biodiesel di Indonesia.....	I – 3
Gambar 1.2	Crude Palm Oil parit.....	I – 4
Gambar 2.1	Proses batchwise.....	II – 1
Gambar 2.2	Proses Henkel.....	II – 2
Gambar 2.3	Proses degliserosisasi secara kontinyu.....	II – 3
Gambar 2.2	Proses Henkel.....	II – 2
Gambar 9.2	Peta lokasi pabrik biodiesel.....	IX – 5
Gambar 9.3	Tata letak pabrik.....	IX – 7
Gambar 9.4	Tata letak peralatan pabrik biodiesel.....	IX – 10
Gambar 10.1	Struktur organisasi pra rencana pabrik biodiesel.....	X – 15

ABSTRAK

Hingga saat ini Indonesia masih sangat bergantung pada bahan bakar berbasis fosil sebagai sumber energi. Salah satu cara untuk mengatasi ketergantungan akan bahan bakar fosil dan melindungi lingkungan dari polusi (efek rumah kaca) ialah dengan mengembangkan proses pembuatan biodiesel yang merupakan energi alternatif ramah lingkungan. Proses yang digunakan dalam pembuatan biodiesel ini ialah menggunakan proses deglisierolisis secara kontinyu yang berbahan baku waste palm oil (WPO) menggunakan katalis natrium hidroksida. Waste palm oil ini merupakan limbah dari proses pengepresan biji kelapa sawit yang dialirkan ke parit dan kemudian dimurnikan kembali hingga didapatkan komposisi FFA= 23%, TG= 72%, air=1,8%, impuritis= 3%. Secara ekonomis bahan baku ini relatif murah sehingga membuka peluang yang sangat baik untuk digunakan sebagai bahan baku dalam mendirikan pabrik biodiesel.

Pabrik biodiesel ini direncanakan akan didirikan di Kabupaten Balongan, Indramayu, Jawa Barat dengan kapasitas 40.000 ton/tahun dan mulai beroperasi pada tahun 2015. Utilitas yang digunakan meliputi air, steam, listrik dan bahan bakar. Bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi berbentuk garis dan staf. Dari hasil perhitungan analisa ekonomi didapatkan TCI= Rp. 64.131.515.910, ROI= 22,36%, IRR= 27,56%, POT= 3,8 tahun, BEP= 34,45%. Dari hasil ekonomi tersebut dapat disimpulkan bahwa pabrik biodiesel dari waste palm oil ini layak untuk didirikan.

Kata kunci: *Waste palm oil, biodiesel*

ANNEX 2

The following information was obtained from the records of the ...

... in the ...

... ..

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Data yang diperoleh dari Departemen ESDM menunjukkan bahwa persediaan minyak mentah di Indonesia mencapai 9 milyar barrel, dan laju produksi rata-rata 500 juta barrel per tahun, dimana persediaan tersebut akan habis dalam 18 tahun. Hal tersebut menunjukkan betapa bangsa Indonesia sangat tergantung akan minyak mentah (bahan bakar fosil) dalam menggerakkan perindustriannya serta sekaligus dapat mencemari dan meningkatkan polusi di udara. Untuk mengatasi ketergantungan tersebut membutuhkan solusi cerdas, yaitu pengembangan bahan bakar alternatif ramah lingkungan sebagai pengganti bahan bakar yang telah ada dan memperbaiki lingkungan yang telah tercemar.

Dalam mendukung pengembangan bahan bakar alternatif (bahan bakar nabati) pemerintah Indonesia telah mengeluarkan beberapa kebijakan yang menyangkut bahan bakar nabati (BBN) berupa Kepres ataupun perundang-undangan. Adapun kebijakan pemerintah adalah sebagai berikut:

1. Peraturan Presiden No. 5/2006 tentang *Kebijaksanaan Energi Nasional*, menyebutkan pengembangan biodiesel sebagai energi terbarukan akan dilaksanakan selama 25 tahun, dimulai dengan persiapan pada tahun 2004 dan eksekusi sejak tahun 2005. Periode 25 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.

2. Instruksi Presiden No. 1/2006 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati sebagai Bahan alternatif pengganti BBM. Isi Inpres tersebut adalah Presiden menginstruksikan kepada 15 Menteri Negara, Gubernur, dan Bupati/Walikota untuk mengambil langkah-langkah percepatan pemanfaatan bahan bakar nabati sebagai bahan bakar alternatif. Hal-hal ini menunjukkan keseriusan Pemerintah dalam penyediaan dan pengembangan bahan bakar nabati.
3. Deklarasi Bersama tanggal 12 Oktober 2005 tentang Gerakan Nasional Penanggulangan Kemiskinan dan Krisis BBM melalui Rehabilitasi dan Reboisasi 10 Juta Ha Lahan Kritis dengan Tanaman yang menghasilkan Energi Pengganti BBM. Deklarasi tersebut ditandatangani oleh 30 Menteri dan Menteri Negara, BUMN, Perguruan Tinggi, dan LSM yang isinya adalah mendukung, menasiliatsi, dan mengembangkan seluruh aspek yang terkait dalam pengembangan energi terbarukan.
4. Presiden menginstruksikan Menteri Kehutanan untuk memberikan izin pemanfaatan lahan hutan tidak produktif bagi pengembangan bahan baku energi terbarukan.
5. Keputusan Menteri Koordinator Bidang perekonomian Nomor: Kep. 11/Mekon/02/2006, tentang tim koordinasi program Aksi penyediaan dan pemanfaatan tim koordinasi tingkat Nasional penyediaan dan pemanfaatan energi alternatif yang diketuai oleh Deputi Bidang koordinasi Energi Sumber daya Mineral dan Kehutanan dengan tim pengarah 11 Menteri dan Menteri Negara.

Indonesia sebagai negara berkembang, yang terkenal akan kelapa sawitnya sangat potensial untuk mengembangkan bahan bakar nabati tetapi bahan baku tersebut (Crude Palm Oil) lebih menguntungkan diproduksi sebagai minyak goreng, margarin, kertas, polimer dan kosmetik dibandingkan sebagai biodiesel.

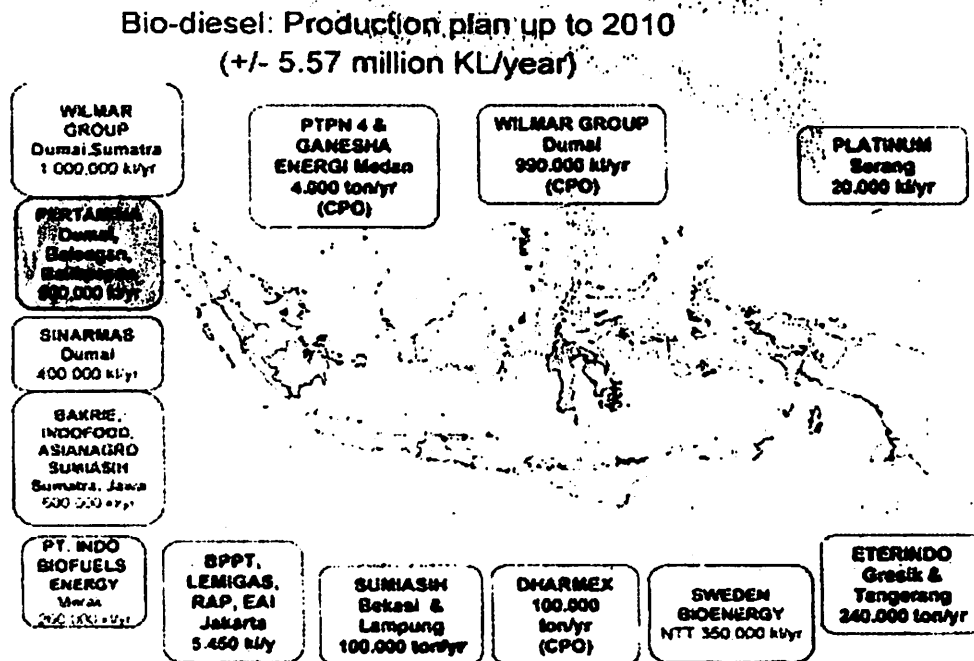
Pada tahun 2005 saja, Indonesia mempunyai 360 pabrik CPO dengan produksi 11,6 juta ton dan menghasilkan limbah sebanyak 0,355 juta ton. Alangkah baiknya, jika limbah yang ada dapat diolah kembali menjadi biodiesel yang mana pemanfaatan limbah tersebut tidak akan mengganggu kebutuhan bahan baku bagi industri lain serta dapat mengurangi limbah CPO tersebut.

1.2. Potensi dan Perkembangan Industri Biodiesel di Indonesia

Pada tahun 1996 Lemigas dan Pertamina melakukan penelitian akan biodiesel dimana puncaknya campuran biodiesel dan solar dengan perbandingan 30:70 di uji cobakan dengan kendaraan diesel komersial. Institusi lain, yang kini juga mengembangkan biodiesel, seperti Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS), Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, Institut Teknologi Bandung, dan LIPI.

Produksi biodiesel dari minyak sawit masih berskala laboratorium dan penggunaannya pun terbatas, seperti dilakukan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) di Puspitek Serpong, atau pabrik percontohan biodiesel milik PPKS. Kadar biodiesel yang digunakan pada 28 bus dinas BPPT merupakan campuran 5% minyak sawit dan 95% solar.

Biodiesel sebagai bahan bakar alternatif mulai dikembangkan kembali di Indonesia seiring adanya krisis energi. Tahun 2005-2007 konsumsi minyak diesel di Indonesia mencapai 13 juta ton per tahun dan dua persennya berasal dari biodiesel kelapa sawit dan minyak jarak. Oleh karena itu, pengembangan akan biodiesel sangat menjanjikan, hal tersebut dapat dilihat dari penggunaan minyak diesel untuk transportasi mencapai 40% dari kebutuhan total solar yang telah ada.



Gambar 1.1. Industri Biodiesel di Indonesia

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^{[1][2][3]}.

1.3. Sifat Fisika dan Sifat Kimia Bahan Baku dan Produk

1.3.1. Bahan Baku

A. Waste Palm Oil (WPO/CPO Parit)

CPO parit (CPO parit dipilih sebagai bahan baku biodiesel karena mempunyai kelebihan sebagai berikut:

- Tidak mengganggu pasokan CPO untuk industri lain.
- Meniadakan pencemaran limbah terhadap air tanah dan sungai/laut.
- Penggunaan CPO parit sebagai bahan baku akan menekan biaya produksi dimana harga CPO parit berkisar antara Rp. 300,00 – Rp. 1000,00.



Gambar 1.2. *Crude palm oil parit*

CPO parit adalah CPO yang terikat pada air limbah pabrik minyak sawit. CPO parit mempunyai kadar FFA 40-70%, air 95-96%, minyak 0,6-0,7% dan 4-5% padatan. Setelah diolah CPO parit mempunyai komposisi seperti pada tabel 1.3.1^[4].

Tabel 1.1. Karakteristik CPO parit

Parameter	Komposisi
Air (%wt)	1,8
FFA (%wt)	23,2
Density (mg/mL)	0,895
Impuritis (%wt)	3
Triglisedrida (%wt)	72

B. Metanol

Alkohol digunakan sebagai reaktan dalam reaksi esterifikasi maupun transesterifikasi. Alkohol yang sering digunakan adalah metanol, etanol, propanol, dan isopropanol. Dalam skala industri, metanol lebih banyak digunakan karena harganya lebih murah daripada alkohol yang lain. Selain itu, metanol lebih reaktif, dan meminimalisir terjadinya hidrolisis dan pembentukan sabun.

Tabel 1.2. Perbandingan Metanol dan Etanol dalam proses transesterifikasi^[5]

Parameter	Metanol	Etanol
Konsumsi alkohol (kg) per 1000 L biodiesel	90	130
Harga (US Cts/gal)	103	310
Kelebihan alkohol yang diperlukan (%)	100	650
Temperatur reaksi (°C)	60	85
Waktu reaksi (menit)	45	90

*US contract price, 5 mei 2006

Tabel 1.3. Sifat Fisika Metanol

Sifat-sifat fisika	
Bentuk	: Liquid
Warna	: Tidak berwarna
Densitas	: 0,79 g/cm ³
Titik Didih	: 64,7 °C
Titik Leleh	: -98 °C
Kelarutan	: Larut dalam air

Sumber: MSDS methanol

C. Katalis NaOH

Katalis NaOH merupakan katalis yang umum digunakan dalam industri, alasan menggunakan katalis NaOH adalah teknologinya telah teruji, harga katalis lebih murah dibanding katalis lainnya, mudah diperoleh, konversi tinggi, rasio minyak/alkohol rendah, dan laju reaksi tinggi.

Tabel 1.4. Sifat fisika NaOH

Sifat-sifat fisika	
Bentuk	: Padat
Warna	: berwarna putih
Densitas	: 2,1 g/cm ³ , padat
Titik Didih	: 1390 °C
Titik Leleh	: 318 °C
Kelarutan	: 111 gr/100 mL air (20°C)

Sumber: wikipedia indonesia

1.3.2. Bahan Pembantu

A. Kalsium Oksida

Digunakan sebagai penetralisir asam sulfat setelah esterifikasi, dimana CaO akan bereaksi membentuk CaSO₄.

Tabel 1.5. Sifat fisika CaO

Sifat-sifat fisika	
Bentuk	: Padat-serbuk
Warna	: Putih
Densitas	: 3,33 g/cm ³
Titik Didih	: 2850 °C
Titik Leleh	: 2575 °C
Kelarutan	: Larut dalam asam, gliserol dan larutan gula.

Sumber: msds CaO

B. Asam Sulfat

Digunakan sebagai katalis pada esterifikasi dan sebagai penetral pada akhir transesterifikasi.

Tabel. 1.6. Sifat fisika asam sulfat (H₂SO₄)

Sifat-sifat fisika	
Bentuk	: Cairan bening
Warna	: Tidak berwarna
Densitas	: 1,84 g/cm ³
Titik Didih	: 310 °C
Titik Leleh	: -27 °C
Kelarutan	: Larut sempurna dalam air

Sumber: msds sulfuric acid

C. Magnesol

Digunakan sebagai adsorbent dalam pemurnian akhir biodiesel.

Tabel 1.7. Komposisi magnesol^[16]

Komposisi Magnesol		
Parameter		umum digunakan
Bentuk	Serbuk	Serbuk
Warna	Putih	Putih
Loss on ignition 900°C	15% max.	12%
Mol ratio MgO:SiO ₂	1:2,25 s/d 1:2,75	1:2,6
pH of 5% water	9,5 ± 0,5	9,8
soluble salt	3% max.	1%
average size, micron		55
surface area	300 M ² /gr. menit	400

1.3.3. Produk

A. Biodiesel

Tabel 1.8. Karakteristik Biodiesel dari CPO parit^[4]

Parameter	Standar Mutu Biodiesel			ASTM D 975 untuk Solar
	CPO Parit	SNI	ASTM D 6751	
Angka Setana	52	Min. 51	48-65	40-55
Titik Nyala, °C	109	Min. 100	100-170	60-80
Titik Kabut, °C	-2	Max. 18	-15 s/d 10	-35 s/d 15
Specific gravity pada 50°F	0,87	0,85-0,89	0,88	0,85
Viskositas Kinematik pada 40°C (mm ² /det)	3	2,3-6	1,9-6	1,3-4,1

B. Gliserol

Tabel 1.9. Sifat fisika gliserol

Sifat-sifat fisika	
Bentuk	: Viscous Liquid
Rasa	: Manis
Berat Molekul	: 92,09 g/mol
Densitas	: 1,2636 g/cm ³ (25°C)
Titik Didih	: 290 °C
Titik Leleh	: 19 °C
Kelarutan	: Larut dalam air dan alkohol

Sumber: MSDS Glycerol

C. Kalsium Sulfat

Tabel 1.10. Sifat fisika CaSO_4

Sifat-sifat fisika	
Bentuk	: Cairan bening
Warna	: Tidak berwarna
Densitas	: $1,84 \text{ g/cm}^3$
Titik Didih	: $310 \text{ }^\circ\text{C}$
Titik Leleh	: $-27 \text{ }^\circ\text{C}$
Kelarutan	: Larut sempurna dalam air

Sumber: MSDS kalsium sulfat

D. Kalsium Hidroksida

Tabel 1.11. Sifat fisika Ca(OH)_2

Sifat-sifat fisika	
Bentuk	: Padat-serbuk
Warna	: Putih
Densitas	: $2,24 \text{ g/cm}^3$
Titik Didih	: $-^\circ\text{C}$
Titik Leleh	: $580 \text{ }^\circ\text{C}$
Kelarutan	: Sedikit Larut dalam air dan tidak larut dalam alkohol

Sumber: MSDS Ca(OH)_2

1.4. Perhitungan Kapasitas Pabrik

Berdasarkan data Direktorat Jenderal Energi dan Sumber Daya Mineral, pemakaian solar di Indonesia mencapai 44 juta kiloliter, yang tersebar dalam sektor sebagai berikut:

- Sektor industri menggunakan sekitar 6 juta kiloliter solar, jika 20 persen menggunakan biodiesel maka akan menghemat pemakaian solar sebanyak 1,2 juta kiloliter/tahun.
- Sektor pembangkit (PLN) menggunakan 12 juta kiloliter solar, jika 20 persen menggunakan biodiesel maka akan menghemat pemakaian solar sebanyak 2,4 juta kiloliter/tahun.
- Sektor transportasi menggunakan 26 juta kiloliter solar per tahun, jika 2 persen saja menggunakan biodiesel maka akan menghemat pemakaian solar sebanyak 520 ribu kiloliter/tahun.^[3]

Berdasarkan data di atas akan digunakan sebagai acuan dalam perhitungan akhir penentuan kapasitas pabrik biodiesel yang akan didirikan.

Tabel 1.12. Data produksi bahan bakar diesel

Tahun	ADO	IDO	Fuel Oil	Total (ribu barrel)
2004	98.645	10.202	30.962	139.809
2005	94.633	8.559	27.752	130.944
2006	90.813	3.473	24.157	118.443
2007	82.138	2.267	24.795	109.200
2008	92.813	2.036	23.084	117.933
2009	101.728	1.213	18.843	121.784
2010	111.499	723	15.381	127.603

Sumber: Ditjen Migas (1 bbl = 158,987 L), <http://www.migas.esdm.go.id>

Tabel 1.13. Data impor bahan bakar diesel

Tahun	ADO	IDO	Fuel Oil	Total (ribu kilo Liter)
2005	14.470	0	1.493	15.963
2006	10.846	0	1.682	12.528
2007	12.367	8	2.163	14.538
2008	12.284	28	2.573	14.885
2009	8.505	8	1.909	10.422
2010	8.413	0	408	8.821
2011	8.681	0	654	9.335

Sumber: Ditjen Migas, <http://www.migas.esdm.go.id>

Tabel 1.14. Data konsumsi bahan bakar diesel

Tahun	Minyak Solar	Minyak Diesel	Minyak Bakar	Total (ribu barrel)
2005	175.518	5.893	33.431	214.842
2006	164.656	3.289	33.554	201.499
2007	166.448	1.781	35.756	203.985
2008	175.148	1.196	34.594	210.938
2009	173.134	959	31.190	205.283
2010	174.669	990	23.719	199.378

Sumber: Ditjen Migas, <http://www.migas.esdm.go.id>

Tabel 1.15. Data perkembangan solar di Indonesia

Tahun	Produksi (kilo Liter)	Konsumsi (kilo Liter)	Import (kilo Liter)	Eksport (kilo Liter)
2005	20.826.343,08	34.157.085,05	15.963.0000	0
2006	18.830.897,24	32.035.721,51	12.528.000	0
2007	17.361.380,40	32.430.963,20	14.538.000	0
2008	18.749.813,87	33.536.399,81	14.885.000	0
2009	19.362.072,81	32.637.328,32	10.442.000	0
2010	20.287.218,16	31.698.510,09	8.821.000	0

Tabel 1.16. data prosentase kenaikan solar di Indonesia

Tahun	Produksi (%)	Konsumsi (%)	Import (%)	Eksport (%)
2005	0	0	0	0
2006	-9,5814	-6,2106	-21,5185	0
2007	-7,8038	1,2338	16,0441	0
2008	7,9973	3,4086	2,3868	0
2009	3,2654	-2,6809	-29,8488	0
2010	4,7781	-2,8765	-15,5238	0
Rata-rata	-0,2689	-1,4251	-9,6921	0

Dari data tabel 1.15 dan tabel 1.16 di atas dapat dihitung kapasitas pabrik biodiesel yang akan dibangun pada tahun 2015, sebagai berikut:

$M = M_0 \times (1+i)^n$, dimana: M = jumlah kenaikan pada tahun 2015

M_0 = jumlah kenaikan pada tahun 2010

n = selisih tahun (2015-2010 = 5 tahun)

i = prosentase kenaikan

a. Produksi solar pada tahun 2015 dengan kenaikan rata-rata produksi -0,2689%

$$\begin{aligned} M_1 &= M_0 \times (1+i)^n \\ &= 20.287.218,16 \times (1-0,002689)^5 \\ &= 20.015.919,48 \text{ kL} \end{aligned}$$

b. Impor solar pada tahun 2015 dengan kenaikan rata-rata impor -9,6921%

$$\begin{aligned} M_2 &= M_0 \times (1+i)^n \\ &= 8.821.000 \times (1-0,096921)^5 \\ &= 5.298.421,92 \text{ kL} \end{aligned}$$

c. Ekspor solar pada tahun 2015 dengan kenaikan rata-rata ekspor 0% adalah $M_4 = 0$ kL

d. Komsumsi solar pada tahun 2015 dengan kenaikan rata-rata komsumsi -1,4251%

$$\begin{aligned} M_5 &= M_0 \times (1+i)^n \\ &= 31.698.510,09 \times (1-0,014251)^5 \\ &= 29.503.298,66 \text{ kL} \end{aligned}$$

e. Kapasitas pabrik biodiesel pada tahun 2015

$$\begin{aligned}
 M_1 + M_2 + M_3 &= M_4 + M_5 \\
 M_3 &= (M_4 + M_5) - (M_1 + M_2) \\
 &= (0 + 29.503.298,66) - (20.015.919,48 + 5.298.421,29) \\
 &= 4.188.957,89 \text{ kL} \\
 &= 4.188.957,89 \times 890,13 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 3.666.407,99 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan produksi akan solar mencapai 3.666.407,99 ton/tahun dan jika 2% (khusus transportasi) dari kebutuhan menggunakan biodiesel maka kapasitas produksi pada tahun 2015 adalah 73.328,16 ton.

Sebuah perusahaan di Bangka yang bergerak dibidang pengolahan limbah CPO menghasilkan produk CPO parit dengan kapasitas 100 ton/minggu. Berdasarkan hasil perhitungan dan data bahan baku yang tersedia dan konversi pabrik yang akan dibangun sebesar 99,6-99,8%, maka kapasitas pabrik biodiesel yang akan dibangun sebesar 40.000 ton per tahun.

BAB II

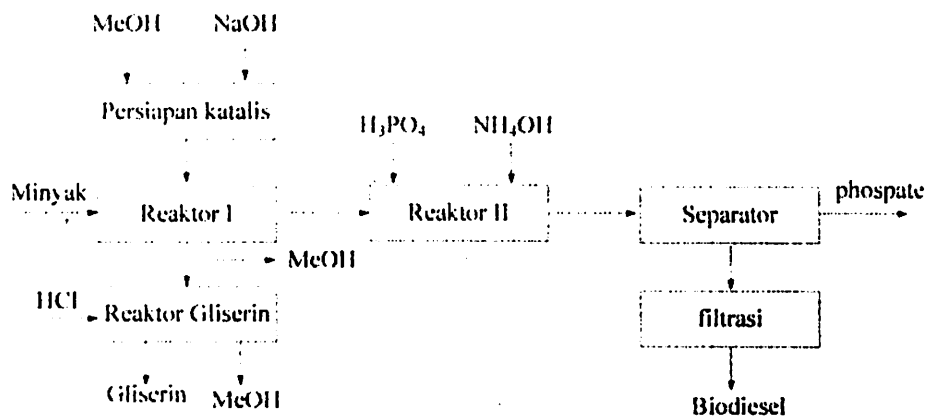
SELEKSI DAN URAIAN PROSES

2.1. Seleksi Proses^[10]

Dalam produksi biodiesel ada beberapa jenis proses yang saat ini banyak digunakan terutama di benua Eropa, pada seleksi prosesnya dari beberapa proses yang ada, dibandingkan kualitas produk biodiesel yang dihasilkan dan biaya operasi yang digunakan. Dari beberapa proses tersebut diambil 3 skema proses yang simpel untuk dibedakan karakteristiknya, yaitu:

2.1.1. Proses *Batchwise Operating Technology*

Metode yang paling sederhana dalam pembuatan biodiesel menggunakan reaktor berpengaduk. Proses ini paling banyak digunakan dalam industri biodiesel saat ini dengan kapasitas antara 500-10.000 ton/tahun. Biaya operasi yang digunakan tidak terlalu mahal dan dapat menghasilkan produk biodiesel mencapai kualitas yang diinginkan. Tetapi pada proses ini terkendala pada faktor konsistensi dan *safety*.

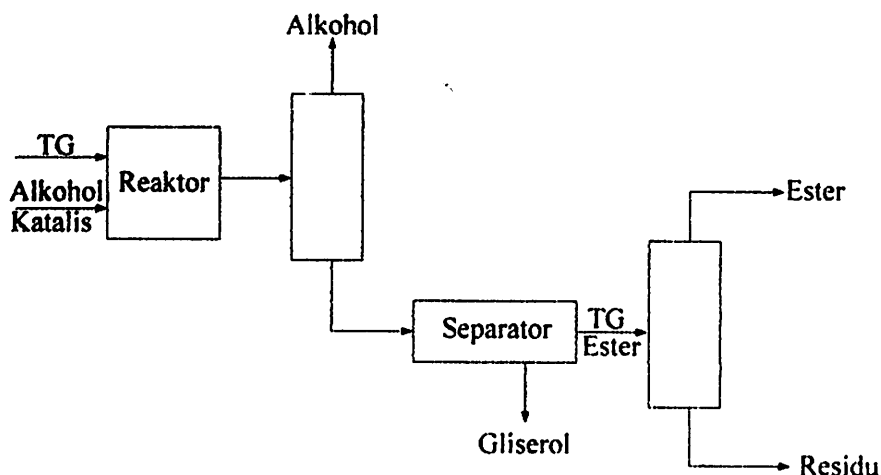


Gambar 2.1. Proses *batchwise*

Gambar 2.1. menunjukkan diagram alir proses sistem *batchwise*. Pertama minyak dimasukkan ke dalam reaktor, setelah minyak mencapai kondisi reaksi katalis/metanol masuk ke reaktor I dan diaduk sesuai waktu reaksi. Setelah waktu reaksi tercapai pengadukan dihentikan dan dipompa ke reaktor II untuk penetralan, kemudian dialirkan ke separator untuk memisahkan biodiesel, produk biodiesel dihasilkan setelah melalui tahap filtrasi. Fase gliserol dialirkan ke reaktor gliserin untuk memisahkan alkohol dan gliserol.

2.1.2. Proses Henkel

Metode proses ini menggunakan reaktor tube, dengan kondisi operasi pada tekanan 4-5 bar, dan suhu 70-80 °C. Produk biodiesel yang dihasilkan dipisahkan dengan gliserin pada separator, kemudian biodiesel dimurnikan dengan didistilasi. Untuk saat ini pabrik biodiesel yang menggunakan proses ini mempunyai kapasitas 170.000 ton/tahun. Biodiesel yang dihasilkan dengan proses ini memiliki kualitas yang baik dan kemurnian yang tinggi. Tetapi proses ini memerlukan biaya investasi yang tinggi dan konsumsi energi yang besar.



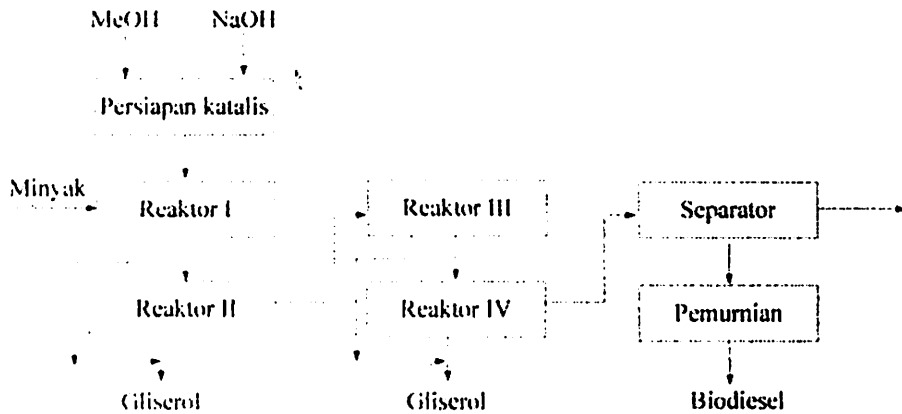
Gambar 2.2. Proses Henkel

Pada proses ini bahan baku minyak, alkohol dan katalis masuk kedalam reaktor, produk kemudian didistilasi untuk dipisahkan dari alkohol sisa reaksi, kemudian produk diseparasi pada separator untuk memisahkan gliserol. produk biodiesel dimurnikan dengan didistilasi.

2.1.3. Proses CD (Continuous Deglycerolization)

Metode ini merupakan salah satu metode proses produksi biodiesel yang murah dengan kondisi operasi yang menguntungkan karena menggunakan tekanan dan suhu operasi yang rendah. Proses ini pertama kali diaplikasikan pada industri pada tahun 1991 dengan kapasitas 1 ton/hari, kemudian berkembang pada tahun 1993 menjadi 20 ton/hari atau 8.000 ton/tahun, hingga pada tahun 1997 proses ini sudah mencapai kapasitas 80.000-100.000 ton/tahun. Keuntungan menggunakan proses ini yaitu biaya investasinya rendah, kondisi operasi suhu 65-70 °C, kapasitas antara 8.000-150.000 ton/tahun, konsumsi energi yang lebih rendah, kualitas produk yang baik, memiliki

konsistensi dan standar keamanan yang baik. Tetapi proses ini tidak cocok untuk bahan baku dengan FFA > 2%.



Gambar 2.3. Proses Degliserolisasi secara kontinu

Pada proses ini bahan baku minyak, alkohol dan katalis masuk kedalam reaktor, secara bersamaan gliserol dipisahkan dan produk dialirkan ke separator untuk dipisahkan dari pengotornya, kemudian produk dimurnikan untuk menghasilkan produk biodiesel yang baik sesuai kualitas yang diinginkan.

2.2. Pemilihan Proses

Tabel 2.1. Seleksi proses transesterifikasi

No.	Parameter	Transesterifikasi dengan Katalis		
		Proses Batchwise	Proses Henkel	Proses CD
1.	Aspek Teknis			
	- Bahan baku	Mudah didapat	Mudah didapat	Mudah didapat
	- Alkohol : Minyak	Metanol 1:6	Metanol 1:6	Metanol 1:6
	- Tekanan Reaksi	1 Atm	4-5 Atm	1 Atm
	- Suhu reaksi	65 ⁰ C	70 - 80 ⁰ C	60-100 ⁰ C
	- Katalis	NaOH/KOH	NaOH/KOH	NaOH/KOH
	- Bahan pembantu	-	-	-
	- Konversi	85 – 94%	93%	99%
	- Produk samping	Gliserol	Gliserol	Gliserol
2.	Aspek Ekonomi			
	- Biaya Operasi	Relatif murah	Relatif murah	Relatif murah
	- Biaya Investasi	Relatif murah	Relatif mahal	Relatif murah
	- Biaya katalis	Murah, tapi sekali pakai	Murah, tapi sekali pakai	Murah, tapi sekali pakai
	- Biaya bahan pembantu	-	-	-

2.2.1. Pemilihan Rancangan Proses

Dengan mempertimbangkan ketiga proses diatas maka kami memilih proses yang ke-3 yaitu produksi biodiesel dengan proses CD (Continuous Deglycerolization) atau deglisierolisasi secara kontinyu. Dengan keuntungan yaitu:

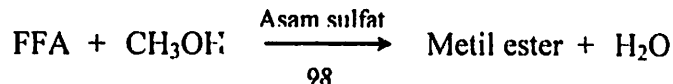
- kondisi operasi sederhana (Suhu, tekanan, dan rasio molar)
- biaya investasi rendah
- konversi yang tinggi mencapai 99%
- kualitas biodiesel yang baik

2.3. Uraian Proses Terpilih

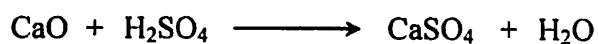
Adapun uraian proses deglisierolisasi secara kontinyu, mempunyai tahapan-tahapan proses sebagai berikut:

2.3.1. Tahap Persiapan Bahan Baku (Esterifikasi)

Waste Palm Oil (WPO) dari storage (F-111) dipompa (L-114 A) ke reaktor esterifikasi (R-110) yang sebelumnya dipanaskan hingga 60°C (E-115 A). Metanol (F-112) dan Asam Sulfat (F-113) dipompakan (L-114 B dan L-114 C) menuju Mixer (M-116) untuk mencampur Asam Sulfat dan metanol sebelum digunakan sebagai reaktan dalam reaktor esterifikasi.



Di dalam reaktor esterifikasi (R-110) terjadi proses esterifikasi (1 atm dan 70°C selama 1 jam) dengan konversi 98% setelah itu produk esterifikasi dipompakan (L-114 D) ke Flash drum (F-121) yang beroperasi pada suhu 100°C 1 atm, untuk *menghilangkan metanol sisa reaksi*. Produk Flash drum dipompakan (L-122) ke Tangki netralisasi (M-120) untuk menghilangkan katalis asam sulfat. Setelah dari tangki netralisasi produk esterifikasi di Centrifuge (H-124) untuk menghilangkan katalis asam sulfat agar tidak mengganggu proses tahap selanjutnya (tahap transesterifikasi). Adapun reaksi yang terjadi di tangkinetralisasi, sebagai berikut:



keempat (R-144) untuk direaksikan lebih lanjut untuk meningkatkan konversi menjadi 99,5%. Fase biodiesel dari reaktor keempat dicampur dengan air yang telah dipanaskan pada heater (E-152) untuk menaikkan suhu air dari 27 sampai 40°C, terlebih dahulu yang kemudian diteruskan ke Decanter (H-145) untuk menghilangkan gliserol, sabun dan katalis terikut yang selanjutnya diteruskan ke Flash drum (F-151).

2.3.3. Tahap Pemurnian

Metil ester hasil transesterifikasi dipompa (L-155) ke Flash drum (F-151) yang sebelumnya dipanaskan hingga 100°C menggunakan heater (E-154) untuk menghilangkan metanol sisa reaksi yang tidak hilang pada saat Decanter (H-145). Metanol hasil Flash drum (F151) selanjutnya dikondensasi pada E-152 dan ditampung di F-132 yang akan digunakan sebagai feed pada M-133. Sedangkan untuk menghilangkan sisa sabun yang masih terikut pada biodiesel, dipompa (L-156) ke tangki magnesol (H-150) dan konsentrasi biodiesel menjadi 99,7%.

Gliserol yang terbentuk dari setiap reaktor juga dialirkan ke Flash drum (F-160) yang beroperasi pada 100oC, 1 atm, menggunakan pompa (L-161) untuk menghilangkan metanol yang terlarut dalam gliserol dan metanol hasil dari Flash drum (F-160) dikondensasi pada E-152 yang kemudian ditampung pada F-132.

2.3.4. Tahap Penanganan Produk

Setelah dari tangki magnesol (H-150) biodiesel dipompa (L-157) ke storage F-159 yang sebelumnya didinginkan terlebih dahulu menggunakan E-158 hingga 30°C. Hal yang sama juga terjadi pada fase gliserol, setelah dari Flash drum (F-160) gliserol dialirkan ke Storage F-165 yang sebelumnya didinginkan terlebih dahulu menggunakan E-164 hingga 30°C.



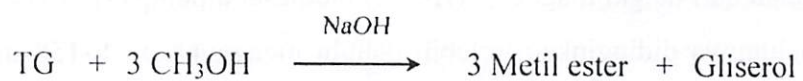
Metanol sisa hasil dari Flash drum (F-121) di kondensasi menggunakan E-118 yang kemudian ditampung dalam F-117 dan digunakan kembali untuk pencampuran di dalam M-116, sedangkan hasil centrifuge dipompa (L-125) ke storage penampungan kalsium hidroksida-kalsium sulfat (F-126).

2.3.2. Tahap Transesterifikasi

Tahap transesterifikasi terdiri dari 4 buah buah reaktor (R-130, R-136, R-140 dan R-144) yang beroperasi pada suhu 60°C, dan 1 atm.

2.3.2.1. Tahap Transesterifikasi I

Setelah melalui proses treatment awal bahan baku (tahap esterifikasi), bahan baku di pompakan dan dicampur dengan metanol-NaOH dari M-133 menggunakan Mixer pump (M-134) menuju reaktor transesterifikasi dimana reaktor transesterifikasi pertama yaitu R-130 berupa reaktor plug flow, di reaktor pertama terjadi reaksi pada suhu 60°C tekanan 1 atm, konversi 85%. Setelah bereaksi selama 30 menit hasil reaksi langsung dipisahkan dimana gliserol akan mengalir ke bawah dan diteruskan ke Flash drum (F-160) dimana kondisi operasi di setiap flash drum sama, sedangkan fase biodiesel dipompa (L-135) ke reaktor kedua (R-136) untuk direaksikan lebih lanjut, dimana kondisi operasi sama untuk semua reaktor.



Di reaktor R-136 terjadi konversi 95% dan fase gliserol dialirkan lewat bawah dan diteruskan ke Flash drum (F-160), untuk fase biodiesel dicampur dengan air (40°C) dan dialirkan ke Decanter (H-137) untuk memisahkan gliserol, metanol dan katalis yang ada, yang selanjutnya hasil bawah decanter (H-137) dialirkan bersama-sama dengan fase gliserol dari dua reaktor sebelumnya ke Flash drum (F-160).

2.3.2.2. Tahap Transesterifikasi II

Fase biodiesel yang telah di Decanter (H-137) kemudian dipompa dan dicampur dengan metanol-NaOH dari M-133 menggunakan Mixer pump (M-141) menuju reaktor transesterifikasi yang ketiga (R-140) yaitu berupa reaktor plug flow, di reaktor ketiga terjadi reaksi pada suhu 60°C tekanan 1 atm, konversi 99%. Setelah bereaksi selama 30 menit hasil reaksi langsung dipisahkan dimana gliserol akan mengalir ke bawah dan diteruskan ke Flash drum (F-160), sedangkan fase biodiesel dipompa (L-143) ke reaktor

BAB III

NERACA MASSA

Kebutuhan bahan baku = 41.875 ton / tahun

Waktu operasi = 330 hari / tahun

= 41.875 ton / tahun / 330 hari / tahun

= 126,8932 ton / hari x 1000 Kg / ton

= 126.893,2303 kg / hari = 5.287,2179 kg/jam

Pabrik ini didirikan dengan kapasitas = 40.000 ton / tahun.

= 121,2121 x 1000 kg/jam

= 121.212,1212 = 5050,5051 kg/jam

Kandungan minyak bahan baku Waste Palm Oil (WPO)

FFA = 23,20% (Bumi Rizki Bersama, PT. Bangka Belitung, 2012)

Trigliserida = 72,00%

Air = 1,80%

Impuritis = 3,00%

Komposisi asam lemak bahan baku: (Chongkong, 2007)

Asam Palmitat = 45,6%

Asam Oleat = 33,3%

Asam Linoleat = 7,7%

Asam Stearat = 3,8%

Asam Miristat = 1,0%

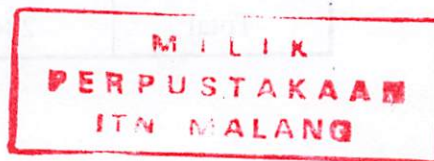
Asam Tetrakosenoat = 0,6%

Asam Linolenat = 0,3%

Asam Ekosanoat = 0,3%

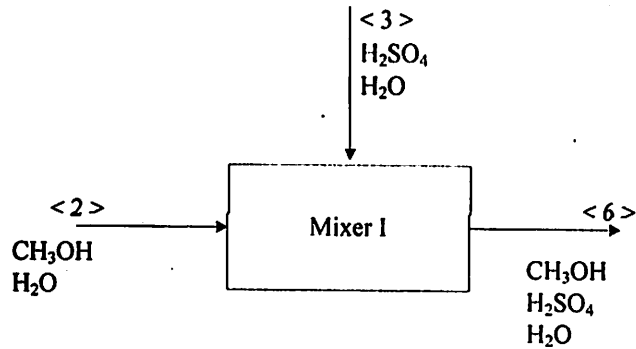
Asam Ekosenoat = 0,2%

Asam Palmitoleat = 0,2%



1. Mixer I (M-116)

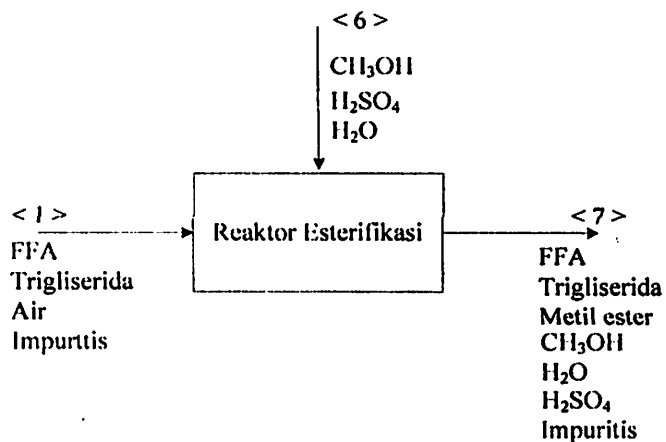
fungsinnya: mencampur Methanol dan katalis Asam Sulfat



Aliran masuk		Aliran keluar	
Aliran <2> Methanol		Aliran <6> ke reaktor esterifikasi	
Komponen	berat (kg/jam)	Komponen	berat (kg/jam)
CH ₃ OH	2758,5560	CH ₃ OH	2758,5560
H ₂ O	27,8642	H ₂ SO ₄	61,3012
Jumlah	2786,4203	H ₂ O	29,1152
Aliran <3> H ₂ SO ₄			
Komponen	berat (kg/jam)		
H ₂ SO ₄	61,3012		
H ₂ O	1,2510		
Jumlah	62,5523		
Total	2848,9725	Total	2848,9725

2. Reaktor Esterifikasi (R-110)

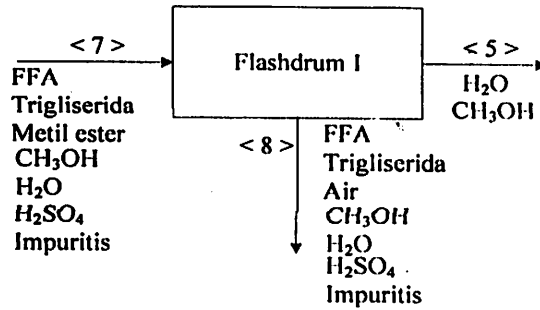
fungsinya: untuk mengurangi kadar FFA (Free Fatty Acid) dalam minyak.



Aliran masuk		Aliran keluar	
Aliran <1> bahan baku		Aliran <7> ke flashdrum I	
Komponen	berat (kg/jam)	Komponen	berat (kg/jam)
FFA	1226,0249	FFA	24,5205
Triglicerida	3804,9049	Triglicerida	3804,9049
Air	95,1226	Biodiesel	1263,8198
Impuritis	158,5377	Metanol	2615,7954
Jumlah	5284,5901	H2SO4	61,3012
Aliran <6> dari mixer I		Air	204,6832
Komponen	berat (kg/jam)	Impuritis	158,5377
CH3OH	2758,5560		
H ₂ SO ₄	61,3012		
H ₂ O	29,1152		
Jumlah	2848,9725		
Total	8133,5627	Total	8133,5627

3. Flashdrum I (F-121)

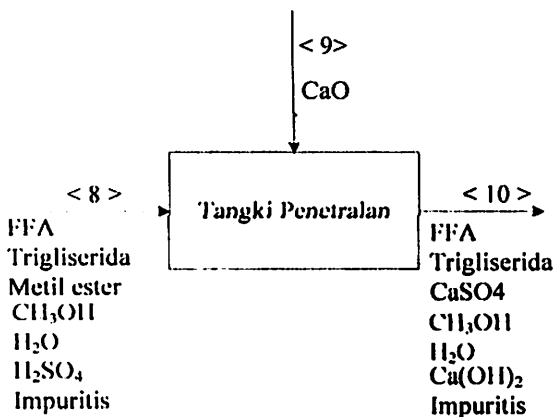
funksinya: untuk memisahkan produk dari Methanol



Aliran masuk		Aliran keluar	
Aliran <7> dari reaktor I		Aliran <8> ke tangki penetralan	
Komponen	berat (kg/jam)	Komponen	berat (kg/jam)
FFA	24,5205	FFA	24,5205
Triglicerida	3804,9049	Triglicerida	3804,9049
Biodiesel	1263,8198	Biodiesel	1263,8198
Metanol	2615,7954	Metanol	156,9477
H2SO4	61,3012	H2SO4	61,3012
Air	204,6832	Air	180,0947
Impuritis	158,5377	Impuritis	158,5377
		Jumlah	5650,1266
		Aliran <5> ke recycle metanol	
		Komponen	berat (kg/jam)
		Metanol	2458,8476
		Air	24,5885
		Jumlah	2483,4361
Total	8133,5627	Total	8133,5627

4. Tangki Penetralan (M-120)

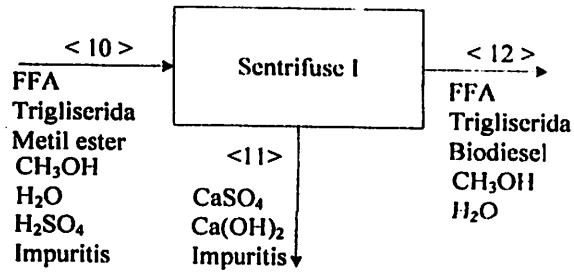
Fungsinya: untuk menetralkan produk dari sisa asam dan air



Aliran masuk		Aliran keluar	
Aliran <8> dari Flashdrum I		Aliran <10> ke sentrifuse	
Komponen	berat (kg/jam)	Komponen	berat (kg/jam)
FFA	24,5205	FFA	24,5205
Trigliserida	3804,9049	Trigliserida	3804,9049
Biodiesel	1263,8198	Biodiesel	1263,8198
Metanol	156,9477	Metanol	156,9477
H2SO4	61,3012	CaSO ₄	85,0935
Air	180,0947	Ca(OH) ₂	472,2142
Impuritis	158,5377	Air	76,5421
Jumlah	5650,1266	Impuritis	158,5377
Aliran <9> CaO			
Komponen	berat (kg/jam)		
CaO	392,4538		
Total	6042,5804	Total	6042,5804

5. Sentrifuge I (H-124)

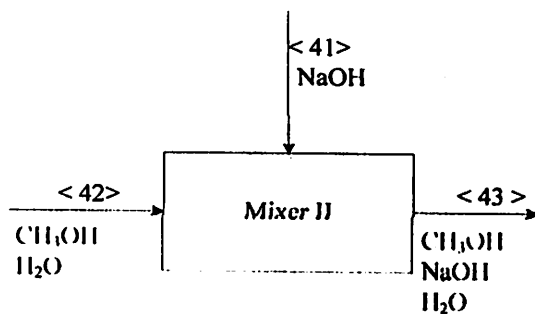
Fungsinya: memisahkan metil ester dan trigliserida dari pengotornya



Aliran masuk		Aliran keluar	
Aliran <10> dari tangki penetralan		Aliran <11> ke Storage CaSO ₄	
Komponen	berat (kg/jam)	Komponen	berat (kg/jam)
FFA	24,5205	CaSO ₄	85,0935
Trigliserida	3804,9049	Ca(OH) ₂	472,2142
Biodiesel	1263,8198	Impuritis	158,5377
Metanol	156,9477	Jumlah	715,8454
CaSO ₄	85,0935	Aliran <12> ke Mixer pump I	
Ca(OH) ₂	472,2142	Komponen	berat (kg/jam)
Air	76,5421	FFA	24,5205
Impuritis	158,5377	Trigliserida	3804,9049
		Biodiesel	1263,8198
		Metanol	156,9477
		Air	76,5421
		Jumlah	5326,7350
Total	6042,5804	Total	6042,5804

6. Mixer II (M-135)

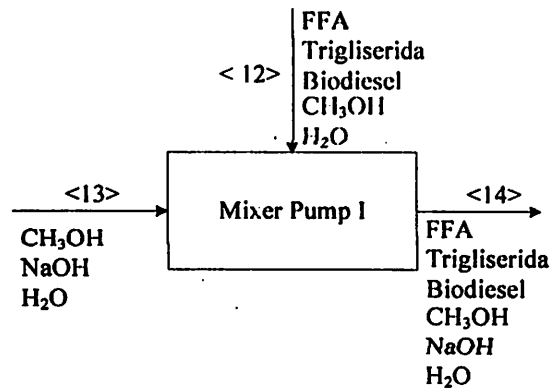
fungsinya: mencampur Methanol dan katalis NaOH



Aliran masuk		Aliran keluar	
Aliran <42> Methanol		Aliran <43> keluar mixer II	
Komponen	berat (kg/jam)	Komponen	berat (kg/jam)
CH ₃ OH	863,5701	CH ₃ OH	863,5701
H ₂ O	8,7229	NaOH	38,0490
Jumlah	872,2930	H ₂ O	8,7229
Aliran <41> NaOH			
Komponen	berat (kg/jam)		
NaOH	38,0490		
Total	910,3421	Total	910,3421

7. Mixer pump I (M-136)

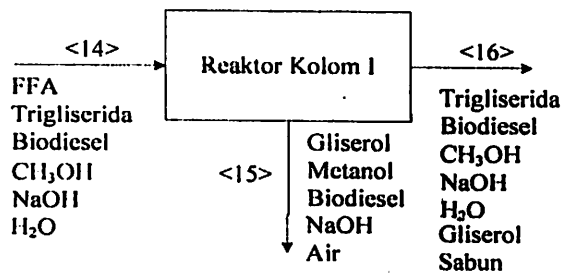
fungsinya: mencampur Minyak dan katalis



Aliran masuk		Aliran keluar	
Aliran <12> dari sentrifuse I		Aliran <14> keluar mixer II	
Komponen	berat (kg/jam)	Komponen	berat (kg/jam)
FFA	24,5205	FFA	24,5205
Triglicerida	3804,9049	Triglicerida	3804,9049
Biodiesel	1263,8198	Biodiesel	1263,8198
Metanol	156,9477	CH ₃ OH	575,7134
Air	19,1471	NaOH	25,3660
Jumlah	5269,3401	H ₂ O	23,3771
Aliran <13> Katalis			
Komponen	berat (kg/jam)		
CH ₃ OH	418,7657		
NaOH	25,3660		
H ₂ O	4,2300		
Jumlah	448,3617		
Total	5717,7017	Total	5717,7017

8. Reaktor kolom I (R-130)

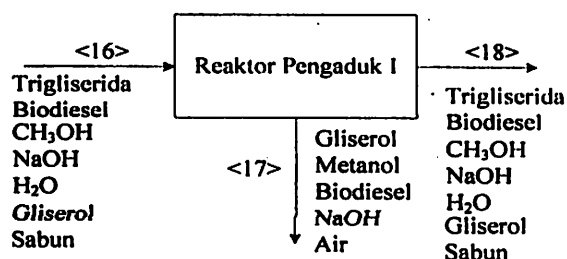
fungsinya: Reaksi transesterifikasi



Aliran masuk		Aliran keluar	
Aliran <14> dari mixer pump I		Aliran <15> ke Flashdrum III	
Komponen	berat (kg/jam)	Komponen	berat (kg/jam)
FFA	24,5205	Gliserol	344,0053
Triglicerida	3804,9049	Metanol	121,0437
Biodiesel	1263,8198	Metil Ester	32,4910
Metanol	575,7134	NaOH	20,4689
NaOH	23,3771	Air	1,2104
Air	25,3660	Jumlah	519,2194
		Aliran <16> ke reaktor (R-140)	
		Komponen	berat (kg/jam)
		Triglicerida	570,7357
		Biodiesel	4480,4284
		Metanol	87,6524
		Gliserol	8,0984
		Air	23,8084
		NaOH	1,2603
		Sabun	26,4987
		Jumlah	5198,4822
Total	5717,7017	Total	5717,7017

9. Reaktor pengaduk I (R-138)

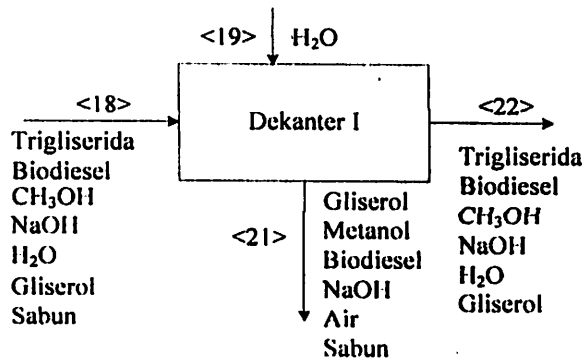
fungsinya: Reaksi transesterifikasi



Aliran masuk		Aliran keluar	
Aliran <16> dari reaktor (R-130)		Aliran <17> ke Flashdrum III	
Komponen	berat (kg/jam)	Komponen	berat (kg/jam)
Triglicerida	570,7357	Gliserol	65,7699
Biodiesel	4480,4284	Metanol	15,1497
Metanol	87,6524	Metil Ester	5,4470
Gliserol	8,0984	NaOH	1,1872
NaOH	1,2603	Air	0,1515
Air	23,8084	Jumlah	87,7052
Sabun	26,4987	Aliran <18> ke dekanter I	
		Komponen	berat (kg/jam)
		Triglicerida	28,5368
		Biodiesel	5019,6833
		Metanol	10,9704
		Gliserol	1,3577
		Air	23,6569
		NaOH	0,0731
		Sabun	26,4987
		Jumlah	5110,7769
Total	5198,4822	Total	5198,4822

10. Dekanter I (H-139)

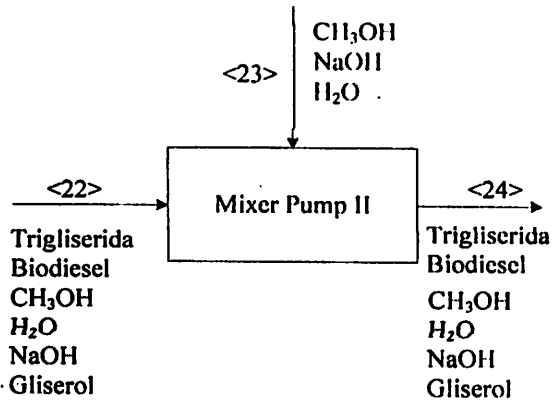
Fungsinya: memisahkan metil ester dan trigliserida dari pengotornya



Aliran masuk		Aliran keluar	
Aliran <18> dari reaktor (R-140)		Aliran <21> ke Flashdrum III	
Komponen	berat (kg/jam)	Komponen	berat (kg/jam)
Trigliserida	28,5368	Gliserol	1,3543
Biodiesel	5019,6833	Metanol	10,7473
Metanol	10,9704	NaOH	0,0726
Gliserol	1,3577	Metil Ester	0,1124
Air	23,6569	Air	511,0777
NaOH	0,0731	Sabun	26,4987
Sabun	26,4987	Aliran <22> ke mixer pump II	
Jumlah	5110,7769	Komponen	berat (kg/jam)
Aliran <19> penambahan air		Trigliserida	28,5368
Komponen	berat (kg/jam)	Biodiesel	5019,5709
Air	511,0777	Metanol	0,2232
		Gliserol	0,0034
		Air	23,6569
		NaOH	0,0005
		Jumlah	5071,9917
Total	5621,8546	Total	5621,8546

11. Mixer pump II (M-141)

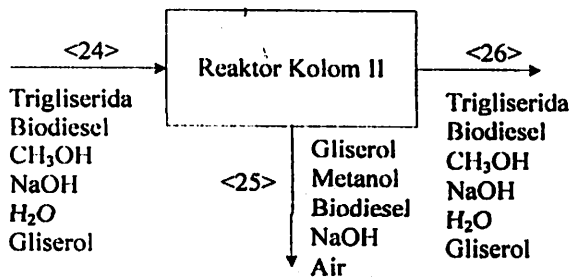
fungsinya: mencampur Minyak dan katalis



Aliran masuk		Aliran keluar	
Aliran <22> dari dekanter I		Aliran <24> keluar reaktor II	
Komponen	berat (kg/jam)	Komponen	berat (kg/jam)
Triglicerida	28,5368	Triglicerida	28,5368
Biodiesel	5019,5709	Biodiesel	5019,5709
Metanol	0,2232	Metanol	287,8702
Gliserol	0,0034	Gliserol	0,0034
Air	23,6569	NaOH	12,6835
NaOH	0,0005	H2O	26,5624
Jumlah	5071,9917		
Aliran <23> Katalis			
Komponen	berat (kg/jam)		
CH ₃ OH	287,6470		
NaOH	12,6830		
H ₂ O	2,9055		
Jumlah	303,2355		
Total	5375,2272	Total	5375,2272

12. Reaktor kolom II (R-140)

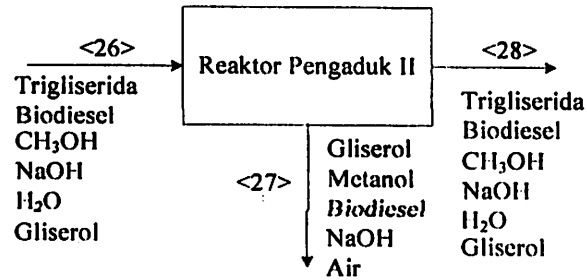
fungsinya: Reaksi transesterifikasi



Aliran masuk		Aliran keluar	
Aliran <24> dari mixer pump II		Aliran <25> ke Flashdrum III	
Komponen	berat (kg/jam)	Komponen	berat (kg/jam)
Triglicerida	28,5368	Gliserol	2,9474
Biodiesel	5019,5709	Metanol	278,9998
Metanol	287,8702	NaOH	12,5978
Gliserol	0,0034	Metil Ester	0,2447
Air	26,5624	Air	2,7900
NaOH	12,6835	Jumlah	297,5798
		Aliran <26> ke reaktor (R-160)	
		Komponen	berat (kg/jam)
		Triglicerida	1,4268
		Biodiesel	5046,5613
		Metanol	5,7938
		Gliserol	0,0074
		Air	23,7724
		NaOH	0,0857
		Jumlah	5077,6474
Total	5375,2272	Total	5375,2272

13. Reaktor pengaduk II (R-144)

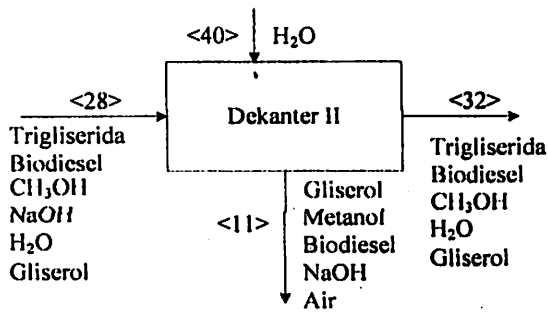
fungsinya: Reaksi transesterifikasi



Aliran masuk		Aliran keluar	
Aliran <26> dari reaktor (R-140)		Aliran <27> ke Flashdrum III	
Komponen	berat (kg/jam)	Komponen	berat (kg/jam)
Triglicerida	1,4268	Gliserol	0,1527
Biodiesel	5046,5613	Metanol	5,5236
Metanol	5,7938	Biodiesel	0,0851
Gliserol	0,0074	NaOH	0,0130
Air	23,7724	Air	0,0552
NaOH	0,0857	Jumlah	5,8296
		Aliran <28> ke dekanter II	
		Komponen	berat (kg/jam)
		Triglicerida	0,0571
		Biodiesel	5047,9244
		Metanol	0,1147
		Gliserol	0,0039
		Air	23,7172
		NaOH	0,0006
		Jumlah	5071,8178
Total	5077,6474	Total	5077,6474

14. Dekanter II (H-145)

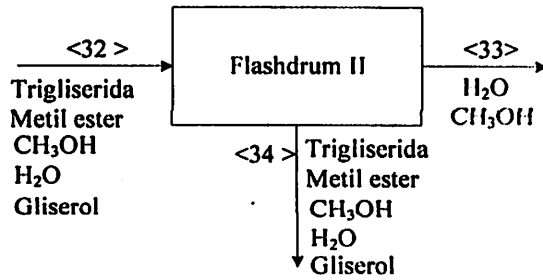
Fungsinya: memisahkan metil ester dan trigliserida dari pengotornya



Aliran masuk		Aliran keluar	
Aliran <28> dari reaktor (R-144)		Aliran <31> ke Flashdrum III	
Komponen	berat (kg/jam)	Komponen	berat (kg/jam)
Trigliserida	0,0571	Gliserol	0,0029
Biodiesel	5047,9244	Metanol	0,1124
Metanol	0,1147	Biodiesel	0,0006
Gliserol	0,0039	NaOH	0,0003
Air	23,7172	Air	507,1818
NaOH	0,0006	Jumlah	507,2980
Jumlah	5071,8178	Aliran <32> ke Flashdrum II	
Aliran <40> penambahan air		Komponen	berat (kg/jam)
Komponen	berat (kg/jam)	Trigliserida	0,0571
Air	507,1818	Biodiesel	5047,9241
		Metanol	0,0023
		Gliserol	0,0010
		Air	23,7172
		Jumlah	5071,7016
Total	5578,9996	Total	5578,9996

15. Flashdrum II (F-151)

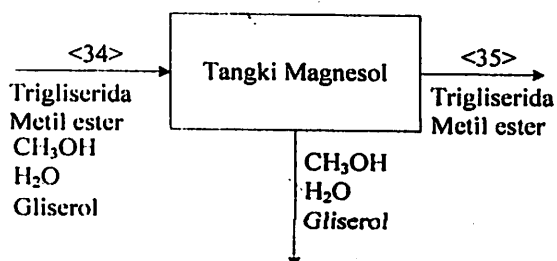
fungsinya: untuk memisahkan produk dari Methanol



Aliran masuk		Aliran keluar	
Aliran <32> dari dekanter II		Aliran <34> ke tangki magnesol	
Komponen	berat (kg/jam)	Komponen	berat (kg/jam)
Triglicerida	0,0571	Triglicerida	0,0571
Biodiesel	5047,9241	Biodiesel	5047,9241
Metanol	0,0023	Metanol	0,0001
Gliserol	0,0010	Gliserol	0,0010
Air	23,7172	Air	23,7172
		Jumlah	5071,6994
		Aliran <33> ke recycle metanol	
		Komponen	berat (kg/jam)
		Metanol	0,0022
		Air	0,0000
		Jumlah	0,0022
Total	5071,7016	Total	5071,7016

16. Tangki Magnesol (H-150)

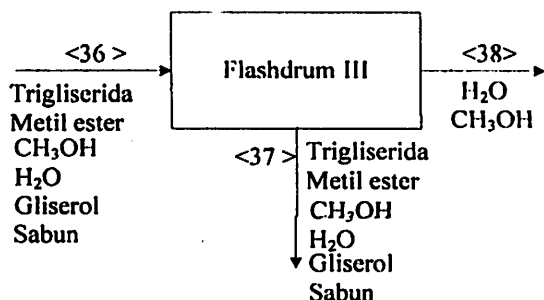
fungsinya: untuk memisahkan produk dari pengotornya



Aliran <34> dari flashdrum II		Aliran <35> ke tangki Biodiesel	
Komponen	berat (kg/jam)	Komponen	berat (kg/jam)
Trigliserida	0,0571	Trigliserida	0,0571
Biodiesel	5047,9241	Biodiesel	5047,9241
Metanol	0,0001	Metanol	2,5240
Gliserol	0,0010	Jumlah	5050,5051
Air	23,7172	komponen yang diadsorbsi	
		Komponen	berat (kg/jam)
		Metanol	0,0001
		Gliserol	0,0010
		Air	21,1932
		Jumlah	21,1943
Total	5071,6994	Total	5071,6994

17. Flashdrum III (F-160)

fungsinya: untuk memisahkan produk dari Methanol



Aliran <36> aliran masuk		Aliran <38> metanol recovery	
Komponen	berat (kg/jam)	Komponen	berat (kg/jam)
Gliserol	406,1341	Metanol	405,6819
Metanol	431,5765	Air	4,0568
Metil Ester	50,6941	Jumlah	409,7387
NaOH	22,0266	Aliran <37> storage F-186	
Sabun	26,4987	Komponen	berat (kg/jam)
Air	1022,4666	Gliserol	406,1341
		Metanol	25,8946
		Metil Ester	50,6941
		NaOH	22,0266
		Sabun	26,4987
		Air	1018,4098
		Jumlah	1549,6579
Total	1959,3966	Total	1959,3966

BAB IV NERACA PANAS

Basis Perhitungan :

Lama operasi = 330 hari/tahun ; 24 jam/hari

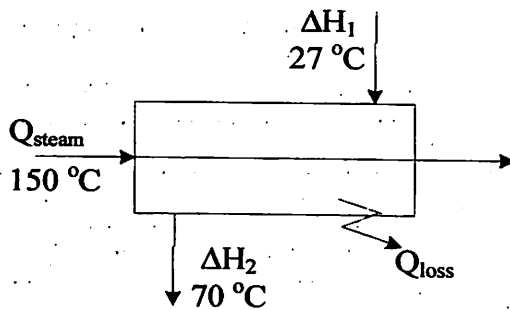
Kebutuhan bahan baku = 44.088 ton/tahun

= 5.284,5901 kg/jam

$T_{ref} = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$

1. Heater I (E-115A)

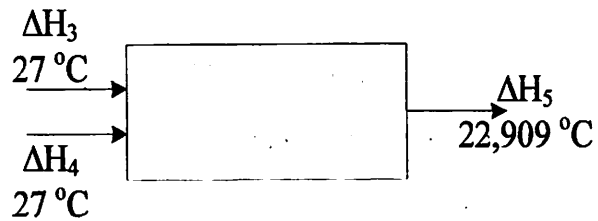
Fungsi: Memanaskan bahan baku sebelum masuk reaktor Esterifikasi



Panas Masuk		Panas Keluar	
ΔH_1		ΔH_2	
Komponen	Energi (kcal)	Komponen	Energi (kcal)
FFA	1.183,3934	FFA	27.936,6397
Trigliserida	3.553,6984	Trigliserida	84.036,0571
Air	190,0170	Air	4.286,0827
Impuritis	148,0708	Impuritis	3.331,5923
Jumlah	5.075,1796	Jumlah	119.590,3717
Steam		Qloss	
Q_{steam}	117.631,8309	Q_{loss}	3.116,6388
Total	122.707,0105	Total	122.707,0105

2. Mixer I (M-116)

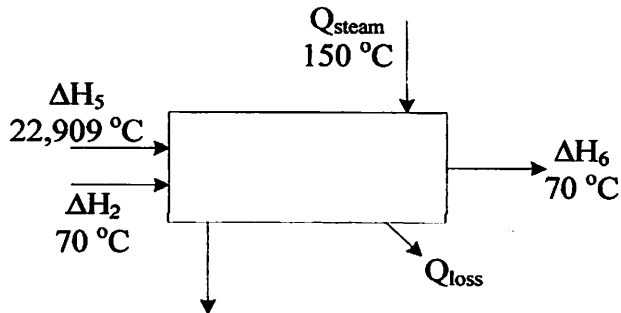
Fungsi: mencampur Metanol dan Asam sulfat



Panas Masuk		Panas Keluar	
ΔH_3		ΔH_5	
Komponen	Energi (kcal)	Komponen	Energi (kcal)
CH ₃ OH	30.813,2529	CH ₃ OH	30.809,8940
H ₂ O	55,6615	H ₂ O	57,6956
Jumlah	30.868,9145	Lar. H ₂ SO ₄ 98%	44,4860
ΔH_4		Jumlah	30.912,0755
Komponen	Energi (kcal)		
Lar. H ₂ SO ₄ 98%	43,1611		
Jumlah	43,1611		
Total	30.912,0755	Total	30.912,0755

3. Reaktor Esterifikasi (R-110)

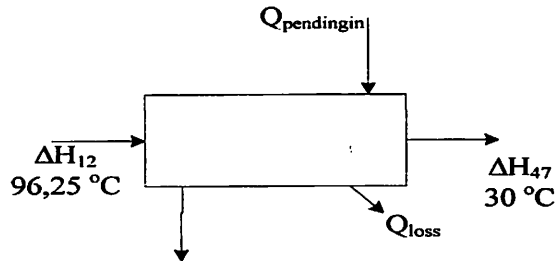
Fungsi: mengurangi kadar FFA bahan baku



Panas Masuk		Panas Keluar	
ΔH_2		ΔH_6	
Komponen	Energi (kcal)	Komponen	Energi (kcal)
FFA	27.936,6397	Triglicerida	84.036,0571
Triglicerida	84.036,0571	FFA	558,7328
Air	4.286,0827	Metil Ester	28.584,0069
Impuritis	3.331,5923	CH ₃ OH	77.630,2665
Jumlah	119.590,3717	H ₂ O	9.166,3489
	ΔH_5	Lar. H ₂ SO ₄ 98%	957,3315
CH ₃ OH	30.809,8940	Impuritis	3.331,5923
H ₂ O	57,6956	Jumlah	204.264,3360
Lar. H ₂ SO ₄ 98%	44,4860	Qloss	
Jumlah	30.912,0755	Qloss	9.904,8786
ΔH_{25}			
ΔH_R	47.595,1241		
Steam			
Q _{steam}	16.071,6432		
Total	214.169,2145	Total	214.169,2145

4. Cooler I (E-118)

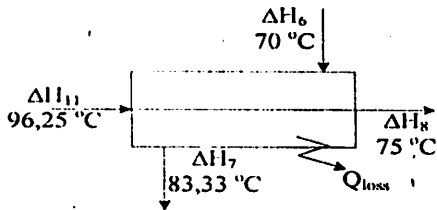
fungsi: mendinginkan produk metanol recovery dari flashdrum I



Panas Masuk		Panas Keluar	
ΔH_{12}		ΔH_{47}	
Komponen	Energi (kcal)	Komponen	Energi (kcal)
Metanol	119.902,0164	Metanol	52.453,3671
Air	1.754,2064	Air	861,5433
		Jumlah	53.314,9104
		Qloss	
		Qloss	6.082,8111
		Pendingin	
		Qpendingin	62.258,5013
Total	121.656,2228	Total	121.656,2228

5. Heater II (E-115B)

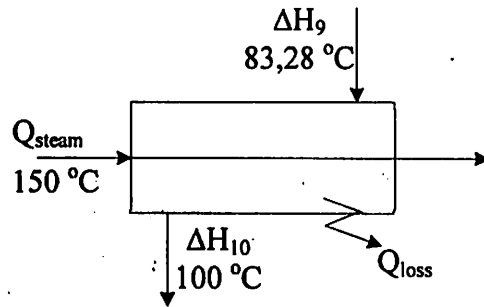
Fungsi: memanaskan awal bahan baku sebelum ke flashdrum I



Panas Masuk		Panas Keluar	
ΔH_6		ΔH_7	
Komponen	Energi (kcal)	Komponen	Energi (kcal)
Trigliserida	84.036,0571	Trigliserida	108.845,1634
FFA	558,7328	FFA	723,6818
Metil Ester	28.584,0069	Metil Ester	37.022,5711
CH ₃ OH	77.630,2665	CH ₃ OH	100.548,2567
H ₂ O	9.166,3489	H ₂ O	11.872,4364
Larutan H ₂ SO ₄	971,1243	Larutan H ₂ SO ₄	1.257,8194
impuritis	3.331,5923	impuritis	4.315,1442
Jumlah	204.278,1287	Jumlah	264.585,0730
ΔH_{11}		ΔH_8	
Komponen	Energi (kcal)	Komponen	Energi (kcal)
Trigliserida	139.501,5225	Trigliserida	93.373,3967
FFA	926,0372	FFA	620,8142
Metil Ester	47.511,5499	Metil Ester	31.760,0077
CH ₃ OH	7.653,3202	CH ₃ OH	5.175,3511
H ₂ O	12.839,4578	H ₂ O	8.953,8100
Larutan H ₂ SO ₄	1.757,7819	Larutan H ₂ SO ₄	1.079,0270
impuritis	5.275,0211	impuritis	3.701,7692
Jumlah	215.464,6907	Jumlah	144.664,1760
		Q_{loss}	10.493,5705
Total	419.742,8194	Total	419.742,8194

6. Heater III (E-115C)

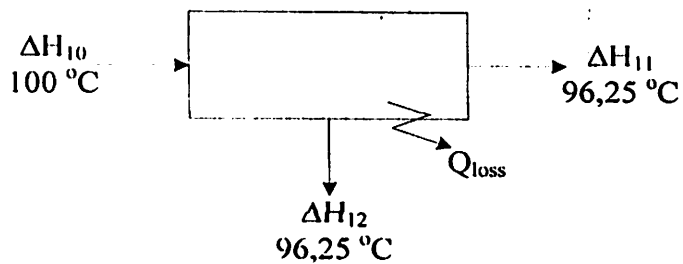
Fungsi: memanaskan bahan baku sebelum masuk flashdrum I



Panas Masuk		Panas Keluar	
ΔH_9		ΔH_{10}	
Komponen	Energi (kcal)	Komponen	Energi (kcal)
Trigliserida	108.845,1634	Trigliserida	146.843,7079
FFA	723,6818	FFA	974,7760
Metil Ester	37.022,5711	Metil Ester	50.012,1578
CH ₃ OH	100.548,2567	CH ₃ OH	134.268,7753
H ₂ O	11.872,4364	H ₂ O	15.373,3699
Larutan H ₂ SO ₄	1.257,8194	Larutan H ₂ SO ₄	1.850,2968
Impuritis	4.315,1442	Impuritis	5.552,6538
Jumlah	264.585,0730	Jumlah	354.875,7375
Steam		Q _{loss}	
Q _{steam}	104.269,5112	Q _{loss}	13.978,8467
Total	368.854,5842	Total	368.854,5842

7. Flashdrum I (F-121)

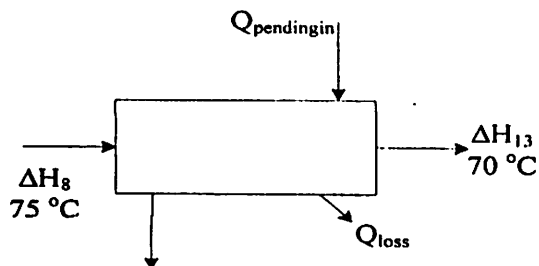
Fungsi: Memisahkan produk dari metanol



Panas Masuk		Panas Keluar	
ΔH_{10}		ΔH_{11}	
Komponen	Energi (kcal)	Komponen	Energi (kcal)
Trigliserida	146.843,7079	Trigliserida	139.501,5225
FFA	974,7760	FFA	926,0372
Metil Ester	50.012,1578	Metil Ester	47.511,5499
CH ₃ OH	134.268,7753	CH ₃ OH	7.653,3202
H ₂ O	15.373,3699	H ₂ O	12.839,4578
lar. H ₂ SO ₄ 98%	1.850,2968	lar. H ₂ SO ₄ 98%	1.757,7819
impuritis	5.552,6538	impuritis	5.275,0211
		Jumlah	215.464,6907
		ΔH_{12}	
		Komponen	Energi (kcal)
		CH ₃ OH	119.902,0164
		H ₂ O	1.765,2436
		Jumlah	121.667,2600
		Q_{loss}	
		Q_{loss}	17.743,7869
Total	354.875,7375	Total	354.875,7375

8. Tangki Penetralan (M-120)

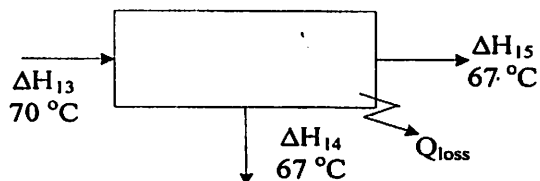
Fungsi: menetralkan sisa katalis dan air



Panas Masuk		Panas Keluar	
ΔH_7		ΔH_{13}	
Komponen	Energi (kcal)	Komponen	Energi (kcal)
Trigliserida	97.895,8053	Trigliserida	88.106,2248
FFA	649,8507	FFA	584,8656
Metil Ester	33.341,4385	Metil ester	30.007,2947
CH ₃ OH	5.370,7510	Metanol	4.833,6759
H ₂ O	9.010,1458	CaSO ₄	2.244,0882
lar. H ₂ SO ₄ 98%	1.233,5312	Ca(OH) ₂	6.137,3205
impuritis	3.701,7692	Air	3.448,8720
Jumlah	151.203,2917	Impuritis	3.331,5923
ΔH_8		Jumlah	138.693,9338
CaO	27.308,1475	Q_{loss}	
ΔH_{25}		Q _{loss}	12.843,3351
ΔH_{25}	-78.355,2626	Pendingin	
		Q _{pendingin}	105.329,4329
Total	256.866,7018	Total	256.866,7018

9. Sentrifuge I (H-124)

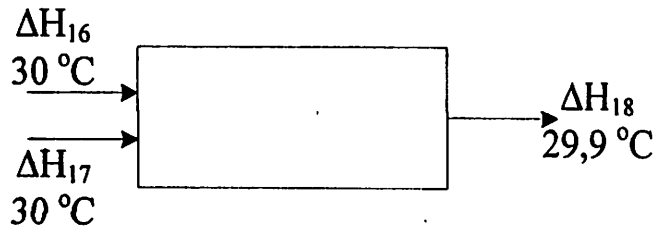
Fungsi: Memisahkan produk dari pengotornya



Panas Masuk		Panas Keluar	
ΔH_{13}		ΔH_{14}	
Komponen	Energi (kcal)	Komponen	Energi (kcal)
Trigliserida	88.106,2248	CaSO4	0,0000
FFA	584,8656	Ca(OH)2	5.830,4544
Metil ester	30.007,2947	Impuritis	3.165,0126
Metanol	4.833,6759	Jumlah	8.995,4671
CaSO4	0,0000	ΔH_{15}	
Ca(OH)2	6.137,3205	Trigliserida	83.700,9135
Air	3.448,8720	FFA	555,6223
Impuritis	3.331,5923	Metil ester	28.506,9300
		Metanol	4.591,9921
		Air	3.276,4284
		Jumlah	120.631,8863
		Qloss	
		Qloss	6.822,4923
Total	136.449,8457	Total	136.449,8457

10. Mixer II (M-135)

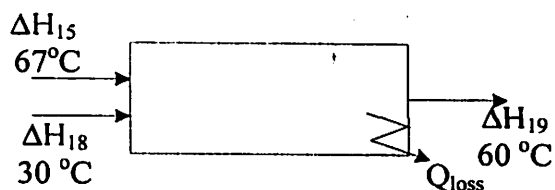
Fungsi: mencampur metanol dengan katalis NaOH



Panas Masuk		Panas Keluar	
ΔH_{16}		ΔH_{18}	
Komponen	Energi (kcal)	Komponen	Energi (kcal)
CH ₃ OH	2.631,7299	CH ₃ OH	2.631,7299
H ₂ O	43,6714	H ₂ O	43,6714
Jumlah	2.675,4012	NaOH	84,9365
ΔH_{17}		Jumlah	2.760,3378
Komponen	Energi (kcal)		
NaOH	84,9365		
Jumlah	84,9365		
Total	2.760,3378	Total	2.760,3378

11. Mixer Pump I (M-136)

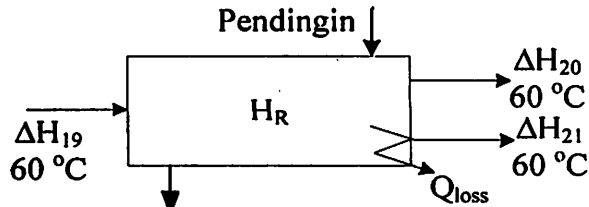
Fungsi: mencampurkan bahan baku dengan katalis



Panas Masuk		Panas Keluar	
ΔH_{15}		ΔH_{19}	
Komponen	Energi (kcal)	Komponen	Energi (kcal)
CH ₃ OH	1.276,1884	Trigliserida	68.333,9361
H ₂ O	21,1244	FFA	453,6135
NaOH	56,6244	Metil ester	30.188,2209
Jumlah	1.353,9372	Metanol	13.751,7730
ΔH_{18}		H ₂ O	2.822,7192
Trigliserida	83.700,9135	NaOH	403,9665
FFA	555,6223	Jumlah	115.954,2292
Metil ester	28.506,9300	Q_{loss}	
Metanol	4.591,9921	Q _{loss}	6.031,5943
Air	3.276,4284		
Jumlah	120.631,8863		
Total	121.985,8235	Total	121.985,8235

12. Reaktor Kolom I (R-130)

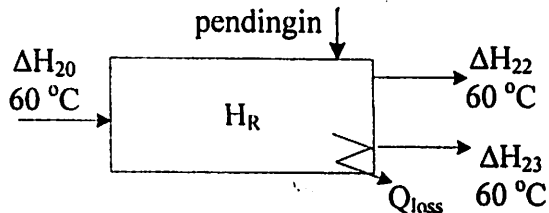
Fungsi: reaksi Transesterifikasi



Panas Masuk		Panas Keluar	
ΔH_{19}		ΔH_{20}	
Komponen	Energi (kcal)	Komponen	Energi (kcal)
Trigliserida	68.333,9361	Trigliserida	10.279,0596
FFA	453,6135	Biodiesel	107.324,1811
Metil ester	30.188,2209	Metanol	2.099,6247
Metanol	13.751,7730	Gliserol	166,7912
H ₂ O	2.822,7192	Air	876,7972
NaOH	403,9665	NaOH	20,1275
Jumlah	115.954,2292	Sabun	634,7502
ΔH_R		Jumlah	121.401,3316
ΔH_{25}	-101.480,6719	ΔH_{21}	
		Gliserol	7.085,0010
		Metanol	2.899,4818
		Metil Ester	778,2893
		NaOH	359,3969
		Air	42,4204
		Jumlah	11.164,5894
		Q_{loss}	
		Q _{loss}	10.871,7451
		Pendingin	
		Q _{pendingin}	73.997,2351
Total	217.434,9011	Total	217.434,9011

13. Reaktor Pengaduk I (R-136)

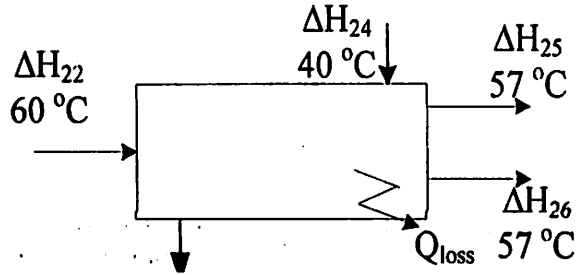
Fungsi: Reaksi transesterifikasi



Panas Masuk		Panas Keluar	
ΔH_{20}		ΔH_{22}	
Komponen	Energi (kcal)	Komponen	Energi (kcal)
Trigliserida	10.279,0596	Trigliserida	513,9530
Biodiesel	107.324,1811	Biodiesel	120.241,4945
Metanol	2.099,6247	Metanol	262,7861
Gliserol	166,7912	Gliserol	27,9621
Air	876,7972	Air	829,0676
NaOH	20,1275	NaOH	1,1674
Sabun	634,7502	Sabun	634,7502
Jumlah	121.401,3316	Jumlah	122.511,1808
ΔH_R		ΔH_{23}	
ΔH_{25}	-19.797,8374	Gliserol	1.354,5705
		Metanol	362,8951
		Metil Ester	130,4779
		NaOH	20,8450
		Air	5,3093
		Jumlah	1.874,0979
		Qloss	
		Q_{loss}	7.059,9584
		Pendingin	
		$Q_{pendingin}$	9.753,9319
Total	141.199,1690	Total	141.199,1690

14. Dekanter I (H-137)

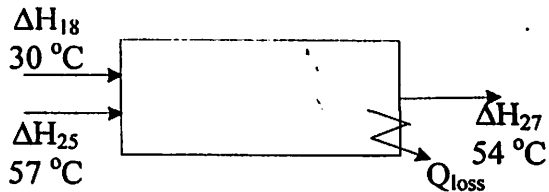
Fungsi: Memisahkan Produk dari pengotornya



Panas Masuk		Panas Keluar	
ΔH_{22}		ΔH_{25}	
Komponen	Energi (kcal)	Komponen	Energi (kcal)
Trigliserida	513,9530	Trigliserida	470,6156
Biodiesel	120.241,4945	Biodiesel	110.100,0740
Metanol	262,7861	Metanol	4,8953
Gliserol	27,9621	Gliserol	0,0645
Air	829,0676	Air	759,1593
NaOH	1,1674	NaOH	0,0072
Sabun	634,7502	Jumlah	111.334,8158
Jumlah	122.511,1808	ΔH_{26}	
ΔH_{24}		Gliserol	25,5398
Komponen	Energi (kcal)	Metanol	235,7323
Air	7.656,9660	NaOH	1,5925
		Metil Ester	1,6443
		Air	11.210,0602
		Sabun	850,3545
		Jumlah	12.324,9237
		Qloss	
		Q_{loss}	6.508,4073
Total	130.168,1468	Total	130.168,1468

15. Mixer Pump II (M-141)

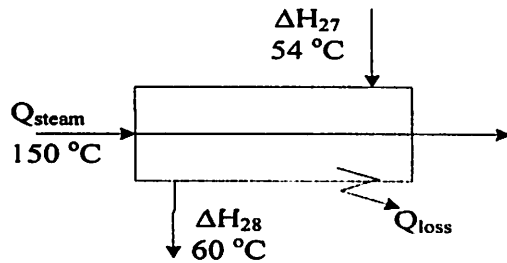
Fungsi: mencampur produk dari reaktor pengaduk I dengan katalis



Panas Masuk		Panas Keluar	
ΔH_{18}		ΔH_{27}	
Komponen	Energi (kcal)	Komponen	Energi (kcal)
CH ₃ OH	876,6042	Trigliserida	425,7768
H ₂ O	14,5102	Biodiesel	99.610,0781
NaOH	28,3122	Metanol	5.712,5940
Jumlah	919,4266	Gliserol	0,0583
ΔH_{25}		Air	771,1848
Trigliserida	470,6156	NaOH	167,8095
Biodiesel	110.100,0740	Jumlah	106.687,5016
Metanol	4,8953	Qloss	
Gliserol	0,0645	Q _{loss}	5.566,7408
Air	759,1593		
NaOH	0,0072		
Jumlah	111.334,8158		
Total	112.254,2424	Total	112.254,2424

16. Heater IV (E-142)

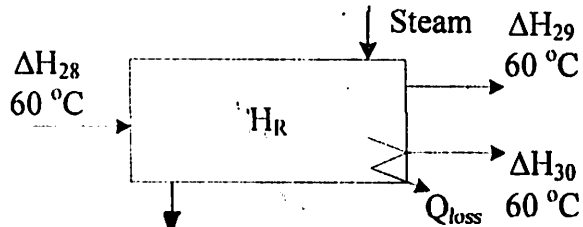
Fungsi: memanaskan bahan sebelum masuk reaktor transesterifikasi II



Panas Masuk		Panas Keluar	
ΔH_{27}		ΔH_{28}	
Komponen	Energi (kcal)	Komponen	Energi (kcal)
Trigliserida	425,7768	Trigliserida	513,9530
Biodiesel	99.610,0781	Biodiesel	120.238,8010
Metanol	5.712,5940	Metanol	6.895,6421
Gliserol	0,0583	Gliserol	0,0704
Air	771,1848	Air	930,8932
NaOH	167,8095	NaOH	202,5620
Jumlah	106.687,5016	Jumlah	128.781,9217
Steam		Qloss	
Q_{steam}	27.428,7952	Q_{loss}	5.334,3751
Total	134.116,2968	Total	134.116,2968

17. Reaktor Kolom II (R-140)

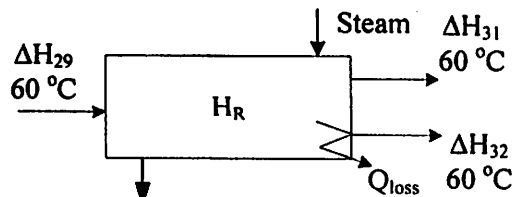
Fungsi: Reaksi Transesterifikasi



Panas Masuk		Panas Keluar	
ΔH ₂₈		ΔH ₂₉	
Komponen	Energi (kcal)	Komponen	Energi (kcal)
Trigliserida	513,9530	Trigliserida	25,6976
Biodiesel	120.238,8010	Biodiesel	120.885,3286
Metanol	6.895,6421	Metanol	138,7837
Gliserol	0,0704	Gliserol	0,1532
Air	930,8932	Air	833,1163
NaOH	202,5620	NaOH	1,3684
Jumlah	128.781,9217	Jumlah	121.884,4478
ΔH _R		ΔH ₃₀	
ΔH ₂₅	838,6677	Gliserol	60,7043
Steam		Metanol	6.683,1613
Q _{steam}	5.892,2070	NaOH	301,7684
		Metil Ester	3,9083
		Air	97,7769
		Jumlah	7.147,3192
		Q _{loss}	
		Q _{loss}	6.481,0295
Total	135.512,7964	Total	135.512,7964

18. Reaktor Pengaduk II (R-144)

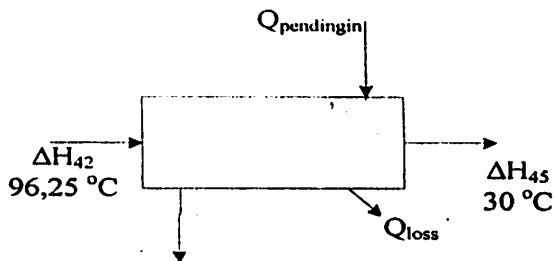
Fungsi: Reaksi Transesterifikasi



Panas Masuk		Panas Keluar	
ΔH_{29}		ΔH_{31}	
Komponen	Energi (kcal)	Komponen	Energi (kcal)
Trigliserida	25,6976	Trigliserida	1,0279
Biodiesel	120.885,3286	Biodiesel	120.917,9808
Metanol	138,7837	Metanol	2,7476
Gliserol	0,1532	Gliserol	0,0806
Air	833,1163	Air	831,1805
NaOH	1,3684	NaOH	0,0092
Jumlah	121.884,4478	Jumlah	121.753,0267
ΔH_R		ΔH_{32}	
ΔH_{25}	41,7989	Gliserol	3,1440
Steam		Metanol	132,3124
Q_{steam}	6.062,7301	NaOH	2,0385
		Metil Ester	0,2071
		Air	1,9358
		Jumlah	139,6378
		Q_{loss}	
		Q_{loss}	6.096,3123
Total	127.988,9768	Total	127.988,9768

19. Cooler II (E-152)

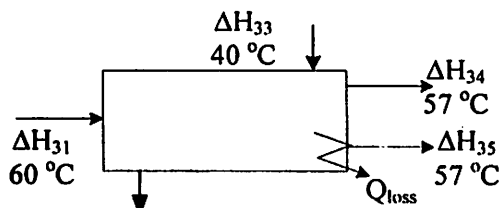
fungsi: mendinginkan produk metanol recovery



Panas Masuk		Panas Keluar	
ΔH_{43}		ΔH_{46}	
Komponen	Energi (kcal)	Komponen	Energi (kcal)
Metanol	19.782,4678	Metanol	8.654,2085
Air	289,4241	Air	142,1448
		Jumlah	8.796,3533
		Qloss	
		Qloss	1.003,5946
		Pendingin	
		Qpendingin	10.271,9440
Total	20.071,8919	Total	20.071,8919

20. Dekanter II (H-145)

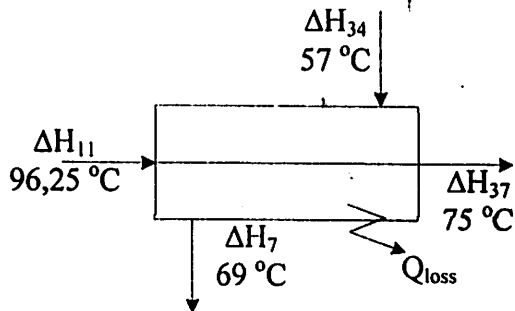
Fungsi: memisahkan produk dari pengotornya



Panas Masuk		Panas Keluar	
ΔH_{31}		ΔH_{34}	
Komponen	Energi (kcal)	Komponen	Energi (kcal)
Trigliserida	1,0279	Trigliserida	0,9053
Biodiesel	120.917,9808	Biodiesel	106.494,3671
Metanol	2,7476	Metanol	0,0492
Gliserol	0,0806	Gliserol	0,0177
Air	831,1805	Air	732,0338
NaOH	0,0092	Jumlah	107.227,3732
Jumlah	121.753,0267	ΔH_{35}	
ΔH_{33}		Gliserol	0,0532
Komponen	Energi (kcal)	Metanol	2,3706
Air	7.598,5975	NaOH	0,0122
		Metil Ester	0,0046
		Air	15.654,2291
		Jumlah	15.656,6698
		Qloss	
		Q _{loss}	6.467,5812
Total	129.351,6242	Total	129.351,6242

21. Heater V (E-154A)

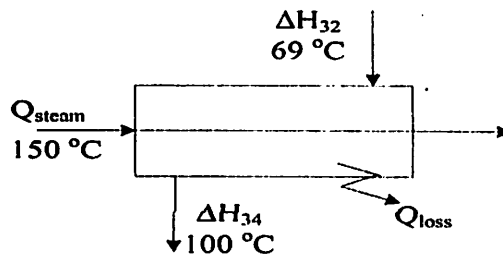
Fungsi: memanaskan awal bahan baku sebelum ke flashdrum II



Panas Masuk		Panas Keluar	
ΔH_{34}		ΔH_7	
Komponen	Energi (kcal)	Komponen	Energi (kcal)
Trigliserida	0,9053	Trigliserida	1,5198
Biodiesel	106.494,3671	Biodiesel	178.782,1111
Metanol	0,0492	Metanol	0,0826
CH ₃ OH	0,0177	CH ₃ OH	0,0298
H ₂ O	732,0338	H ₂ O	1.228,9340
Jumlah	107.227,3732	Jumlah	180.012,6774
ΔH_{11}		ΔH_{37}	
Komponen	Energi (kcal)	Komponen	Energi (kcal)
Trigliserida	2,0925	Trigliserida	1,1747
Biodiesel	180.768,6507	Biodiesel	101.484,1548
Metanol	0,0068	Metanol	0,0038
CH ₃ OH	0,0410	CH ₃ OH	0,0230
H ₂ O	1.692,0445	H ₂ O	949,9197
Jumlah	182.462,8356	Jumlah	102.435,2761
		Q_{loss}	7.242,2552
Total	289.690,2088	Total	289.690,2087

22. Heater VI (E-154B)

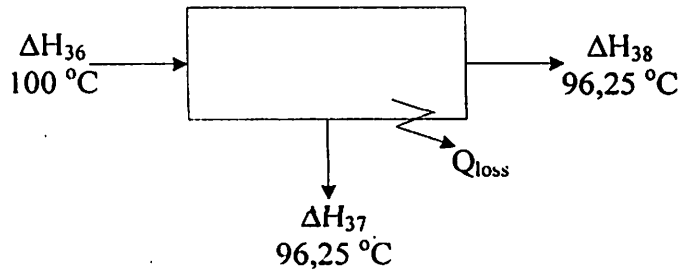
Fungsi: memanaskan bahan sebelum masuk flashdrum II



Panas Masuk		Panas Keluar	
ΔH_{34}		ΔH_{36}	
Komponen	Energi (kcal)	Komponen	Energi (kcal)
Trigliserida	1,5198	Trigliserida	2,2027
Biodiesel	178.782,1111	Biodiesel	190.282,7902
Metanol	0,0826	Metanol	0,1198
Gliserol	0;0298	Gliserol	0,0432
Air	1.228,9340	Air	1.781,1011
Jumlah	180.012,6774	Jumlah	192.066,2570
Steam		Qloss	
Q_{steam}	21.054,2135	Q_{loss}	9.000,6339
Total	201.066,8908	Total	201.066,8908

23. Flashdrum II (F-151)

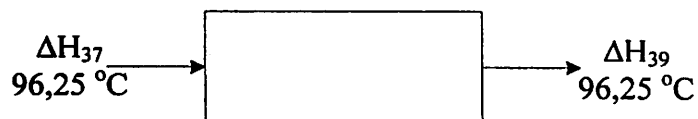
Fungsi: Merecovery metanol



Panas Masuk		Panas Keluar	
ΔH_{36}		ΔH_{37}	
Komponen	Energi (kcal)	Komponen	Energi (kcal)
Trigliserida	2,2027	Trigliserida	2,0925
Biodiesel	190.282,7902	Biodiesel	180.768,6507
Metanol	0,1198	Metanol	0,0068
Gliserol	0,0432	Gliserol	0,0410
Air	1.781,1011	Air	1.692,0445
		Jumlah	182.462,8356
		ΔH_{38}	
		Komponen	Energi (kcal)
		CH ₃ OH	0,1070
		H ₂ O	0,0016
		Jumlah	0,1085
		Q_{loss}	
		Q_{loss}	9.603,3128
Total	192.066,2570	Total	192.066,2570

24. Tangki magnesol (H-150)

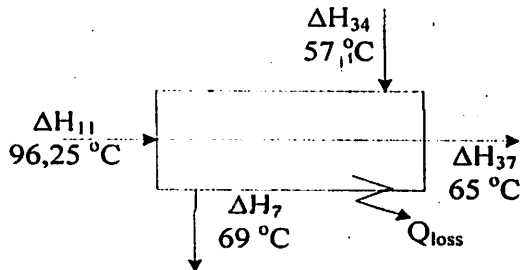
Fungsinya: menyerap impuritis terlarut dalam biodiesel



Panas Masuk		Panas Keluar	
ΔH_{37}		ΔH_{39}	
Komponen	Energi (kcal)	Komponen	Energi (kcal)
Trigliserida	1,1747	Trigliserida	1,1747
Biodiesel	101.484,1548	Biodiesel	101.484,1548
Metanol	0,0038	Air	101,0897
Gliserol	0,0230	Jumlah	101.586,4193
Air	949,9197	Qdiserap	
		Komponen	Energi (kcal)
		Metanol	0,0038
		Gliserol	0,0230
		Air	848,8300
		Jumlah	848,8568
Total	102.435,2761	Total	102.435,2761

25. Heater VII (E-162A)

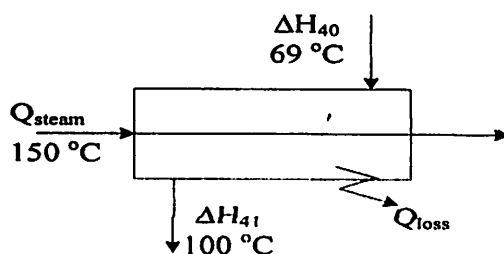
Fungsi: memanaskan awal bahan baku sebelum ke flashdrum III



Panas Masuk		Panas Keluar	
ΔH_{34}		ΔH_7	
Komponen	Energi (kcal)	Komponen	Energi (kcal)
Gliserol	7.144,3534	Gliserol	13.657,2509
Metanol	10.337,9824	Metanol	1.185,7343
NaOH	809,6106	NaOH	1.547,6635
Metil Ester	387,4721	Metil Ester	740,6974
Sabun	634,7502	Sabun	1.213,3978
Air	35.825,6976	Air	68.213,2034
Jumlah	55.139,8663	Jumlah	86.557,9473
ΔH_{11}		ΔH_{37}	
Komponen	Energi (kcal)	Komponen	Energi (kcal)
Gliserol	17.027,8963	Gliserol	10.754,4608
Metanol	1.262,7107	Metanol	797,5015
NaOH	2.472,0231	NaOH	1.561,2778
Metil Ester	788,7825	Metil Ester	498,1784
Sabun	1.292,1700	Sabun	816,1074
Air	72.656,0304	Air	45.888,0192
Jumlah	95.499,6131	Jumlah	60.315,5451
		Q_{loss}	3.765,9870
Total	150.639,4794	Total	150.639,4794

26. Heater VIII (E-162B)

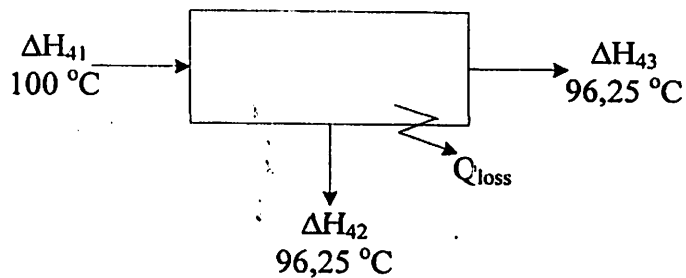
Fungsi: memanaskan bahan sebelum masuk flashdrum III



Panas Masuk		Panas Keluar	
ΔH_{40}		ΔH_{41}	
Komponen	Energi (kcal)	Komponen	Energi (kcal)
Gliserol	15.989,8552	Gliserol	17.924,1014
Metanol	19.762,2391	Metanol	22.152,8195
NaOH	1.547,6635	NaOH	2.602,1296
Metil Ester	1.008,6149	Metil Ester	830,2974
Sabun	1.213,3978	Sabun	1.360,1790
Air	68.484,9296	Air	76.784,6889
Jumlah	108.006,7000	Jumlah	121.654,2158
Steam		Q _{loss}	
Q _{steam}	19.389,0387	Q _{loss}	5.741,5229
Total	127.395,7387	Total	127.395,7387

27. Flashdrum III (F-160)

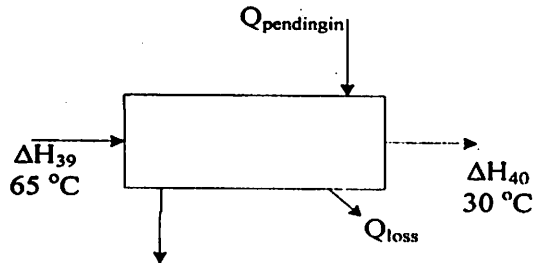
Fungsi: Merecovery metanol



Panas Masuk		Panas Keluar	
ΔH_{41}		ΔH_{42}	
Komponen	Energi (kcal)	Komponen	Energi (kcal)
Gliserol	17.924,1014	Gliserol	17.027,8963
Metanol	22.152,8195	Metanol	1.262,7107
NaOH	2.602,1296	NaOH	2.472,0231
Metil Ester	830,2974	Metil Ester	788,7825
Sabun	1.360,1790	Sabun	1.292,1700
Air	76.784,6889	Air	72.656,0304
		Jumlah	95.499,6131
		ΔH_{43}	
		Komponen	Energi (kcal)
		CH ₃ OH	19.782,4678
		H ₂ O	289,4241
		Jumlah	20.071,8919
		Q _{loss}	
		Q _{loss}	6.082,7108
Total	121.654,2158	Total	121.654,2158

28. Cooler III (E-158)

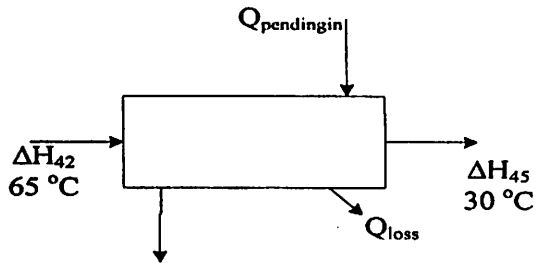
fungsi: mendinginkan produk sebelum masuk storage biodiesel



Panas Masuk		Panas Keluar	
ΔH_{39}		ΔH_{40}	
Komponen	Energi (kcal)	Komponen	Energi (kcal)
Trigliserida	1,1747	Trigliserida	0,1333
Biodiesel	101.484,1548	Biodiesel	12.044,4292
Air	101,0897	Air	12,6337
		Jumlah	12.057,1961
		Qloss	
		Qloss	5.079,3210
		Pendingin	
		Qpendingin	84.449,9022
Total	101.586,4193	Total	101.586,4193

29. Cooler IV (E-164)

fungsi: mendinginkan produk sebelum masuk storage gliserol



Panas Masuk		Panas Keluar	
ΔH_{42}		ΔH_{45}	
Komponen	Energi (kcal)	Komponen	Energi (kcal)
Gliserol	10.754,4608	Gliserol	1.175,5551
Metanol	797,5015	Metanol	78,9138
NaOH	1.561,2778	NaOH	113,1640
Metil Ester	498,1784	Metil Ester	52,5558
Sabun	816,1074	Sabun	76,7005
Air	45.888,0192	Air	5.097,6504
		Jumlah	6.594,5396
		Qloss	
		Q_{loss}	3.015,7773
		Pendingin	
		$Q_{pendingin}$	50.705,2283
Total	60.315,5451	Total	60.315,5451

BAB V
SPEKIFIKASI PERALATAN

1. STORAGE WASTE PALM OIL (F-111)

Fungsi	:	Tangki penyimpanan waste palm oil sebagai bahan baku utama
Tipe	:	Tangki berbentuk silinder dengan tutup atas <i>standard dished</i> dan tutup bawah flat
Bahan Konstruksi	:	<i>Low Alloy Steel SA-302 grade A</i>
Tipe Pengelasan	:	double welding butt joint
Volume tangki (V_1)	:	1.968,0602 ft ³
Diameter dalam tangki (D_1)	:	204,3205 in
Diameter Luar (D_o)	:	204,6955 in
Tebal Silinder (t_s)	:	5/16 in
Tinggi Silinder (L_s)	:	81,7282 in
Tebal Tutup Atas (t_{ha})	:	5/16 in
Tinggi Tutup Atas (h_a)	:	34,5302 in
Waktu tinggal	:	3 hari
Jumlah tangki	:	10 buah



2. STORAGE METANOL (F-112)

Fungsi	:	Tangki penyimpanan metanol sebagai bahan baku pembuatan biodiesel
Tipe	:	Tangki berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas <i>standard dished</i> dan tutup bawah flat
Bahan Konstruksi	:	<i>Low Alloy Steel SA-302 grade A</i>
Tipe Pengelasan	:	double welding butt joint
Volume tangki (V_T)	:	1.118,6103 ft ³
Diameter dalam tangki (D_1)	:	169,2487 in
Diameter Luar (D_o)	:	169,6237 in
Tebal Silinder (t_s)	:	1/4 in

Tinggi Silinder (L_s)	:	67,6995 in
Tebal Tutup Atas (t_{ha})	:	1/4 in
Tinggi Tutup Atas (h_a)	:	28.6030 in
Waktu tinggal	:	3 hari
Jumlah tangki	:	10 buah

3. STORAGE ASAM SULFAT (F-113)

Fungsi	:	Tangki penyimpanan asam sulfat sebagai katalis dalam reaksi esterifikasi
Tipe	:	Tangki berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas <i>standard dished</i> dan tutup bawah flat
Bahan Konstruksi	:	<i>Low Alloy Steel SA-302 grade A</i>
Tipe Pengelasan	:	double welding butt joint
Volume tangki (V_T)	:	254,2898 ft ³
Diameter dalam tangki (D_T)	:	103,2941 in
Diameter Luar (D_o)	:	103.6691 in
Tebal Silinder (t_s)	:	1/4 in
Tinggi Silinder (L_s)	:	41,3176 in
Tebal Tutup Atas (t_{ha})	:	1/4 in
Tinggi Tutup Atas (h_a)	:	17,4567 in
Waktu tinggal	:	7 hari
Jumlah tangki	:	1 buah

4. PUMP (L-114 A)

Fungsi	:	Mengalirkan minyak dari storage (F-114) ke Reaktor esterifikasi (R-110).
Tipe	:	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah stage	:	<i>Single stage</i>
Kecepatan putaran	:	3500 rpm
Efisiensi	:	0.85
Daya pompa	:	6 hp
Diameter dalam pipa	:	1,38 in

Diameter luar pipa	:	1,66 in
Kapasitas pompa	:	27,2676 gpm
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon Steel</i>
Jumlah	:	1 buah

5. PUMP (L-114 B)

Fungsi	:	Mengalirkan metanol dari storage (F-112) ke Mixer (M-116) dan (M-136)
Tipe	:	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah stage	:	<i>Single stage</i>
Kecepatan putaran	:	3500 rpm
Efisiensi	:	85%
Daya pompa	:	0,5 hp
Diameter dalam pipa	:	1,049 in
Diameter luar pipa	:	1,315 in
Kapasitas pompa	:	15,4974 gpm
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon Steel</i>
Jumlah	:	1 buah

6. PUMP (L-114 C)

Fungsi	:	Mengalirkan asam sulfat dari storage (F-113) ke Mixer (M-116)
Tipe	:	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah stage	:	<i>Single stage</i>
Kecepatan putaran	:	3500 rpm
Efisiensi	:	85%
Daya pompa	:	0,25 hp
Diameter dalam pipa	:	0,269 in
Diameter luar pipa	:	0,405 in
Kapasitas pompa	:	0,1510 gpm
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon Steel</i>
Jumlah	:	1 buah

7. PUMP (L-114 D)

Fungsi	:	Mengalirkan hasil reaktor esterifikasi ke flushdrum (F-121) melewati HE (E-115 B)
Tipe	:	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah stage	:	<i>Single stage</i>
Kecepatan putaran	:	3500 rpm
Efisiensi	:	85%
Daya pompa	:	1 hp
Diameter dalam pipa	:	1.610 in
Diameter luar pipa	:	1.900 in
Kapasitas pompa	:	43.7658 gpm
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon Steel</i>
Jumlah	:	1 buah

8. HEATER (E-115 A)

Fungsi	:	Memanaskan minyak sebelum masuk ke reaktor esterifikasi
Tipe	:	DPHE 3 x 2" IPS SCH 40
Bahan Konstruksi	:	Carbon Steel SA 53 Grade B
Rate feed	:	8.137.6071 kg/jam
Rate Steam	:	227,3481 kg/jam
Dimensi anulus		
Diameter dalam	:	3,068 in
Diameter luar	:	3.5 in
Dimensi pipa		
Diameter dalam	:	2.067 in
Diameter luar	:	2.38 in
Panjang	:	12 ft
Jumlah hair pin	:	1 buah
Jumlah	:	1 buah

9. HEATER (E-115 B)

Fungsi	:	Memanaskan minyak hasil esterifikasi sebelum masuk ke flash drum (F-121)
Tipe	:	DPHE 2 1/2 x 1 1/4" IPS SCH 40
Bahan Konstruksi	:	Carbon Steel SA 53 Grade B
Rate feed	:	8.137,6295 kg/jam
Rate Steam	:	206,4469 kg/jam
Dimensi anulus		
Diameter dalam	:	2,469 in
Diameter luar	:	2,88 in
Dimensi pipa		
Diameter dalam	:	1,38 in
Diameter luar	:	1,66 in
Panjang	:	12 ft
Jumlah hair pin	:	1 buah
Jumlah	:	1 buah

10. HEATER (E-115 C)

Fungsi	:	Memanaskan minyak sebelum masuk ke reaktor esterifikasi
Tipe	:	DPHE 3 x 2" IPS SCH 40
Bahan Konstruksi	:	Carbon Steel SA 53 Grade B
Rate feed dingin	:	8.137,6295 kg/jam
Rate feed panas	:	5.652.9517 kg/jam
Dimensi anulus		
Diameter dalam	:	3,068 in
Diameter luar	:	3,5 in
Dimensi pipa		
Diameter dalam	:	2,067 in
Diameter luar	:	2,38 in
Panjang	:	12 ft
Jumlah hair pin	:	1 buah

Jumlah : 1 buah

11. MIXER (M-116)

Fungsi : Mencampur katalis asam sulfat dan metanol untuk mempercepat reaksi esterifikasi

Tipe : Tangki berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas *standard dished* dan tutup bawah *conical dished* dengan sudut puncak $120^\circ = \alpha$

Bahan Konstruksi : *Low Alloy Steel SA-302 grade A*

Tipe Pengelasan : Single welding butt joint without backing up strip

Volume tangki (V_T) : 154,4432 ft³

Diameter dalam (D_T) : 59.6250 in

Diameter Luar (D_o) : 60 in

Tebal Silinder (t_s) : 3/16 in

Tinggi Silinder (L_s) : 89,4375 in

Tebal Tutup Atas (t_{ha}) : 3/16 in

Tinggi Tutup Atas (h_a) : 10.0766 in

Tebal Tutup Bawah (t_{hb}) : 3/16 in

Tinggi Tutup Bawah (h_b) : 17,2123 in

Diameter pipa (d_i) : 0.8009 in

Jumlah : 1 buah

Dimensi Pengaduk

Diameter (D_a) : 23,8500 in

Lebar (W) : 4,7700 in

Panjang (L) : 5,9625 in

Tinggi pengaduk (C) : 19.8730 in

Lebar Baffle (J) : 4,9688 in

Jenis Pengaduk : six blade dengan four baffles

Jumlah pengaduk : 1 buah

Daya Pengaduk (P) : 6 hp

12. STORAGE METANOL RECYCLE (F-117)

Fungsi	:	Tangki penyimpanan metanol sebagai bahan baku pembuatan biodiesel
Tipe	:	Tangki berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas <i>standard dished</i> dan tutup bawah flat
Bahan Konstruksi	:	<i>Low Alloy Steel SA-302 grade A</i>
Tipe Pengelasan	:	double welding butt joint
Volume tangki (V_T)	:	415,4190 ft ³
Diameter tangki (D_T)	:	83,3750 in
Diameter Luar (D_o)	:	84 in
Tebal Silinder (t_s)	:	5/16 in
Tinggi Silinder (L_s)	:	114,5306 in
Tebal Tutup Atas (t_{ha})	:	5/16 in
Tinggi Tutup Atas (h_a)	:	14,0904 in
Tebal Tutup Bawah (t_{hb})	:	5/16 in
Tinggi Tutup Atas (h_a)	:	24,0683 in
Waktu tinggal	:	3 jam
Jumlah tangki	:	1 buah

13. KONDENSOR I (E-118)

Fungsi	:	Mengkondensasi uap metanol hasil flash drum (F-121)
Tipe	:	DPHE 2 x 1 1/4" IPS SCH 40
Bahan Konstruksi	:	Carbon Steel SA 53 Grade B
Rate feed	:	2.483,4361 kg/jam
Rate air	:	6.000,6112 kg/jam
Dimensi anulus		
Diameter dalam	:	2,067 in
Diameter luar	:	2,88 in
Dimensi pipa		
Diameter dalam	:	1,38 in
Diameter luar	:	1,66 in

Panjang	:	12 ft
Jumlah hair pin	:	1 buah
Jumlah	:	1 buah

14. REAKTOR ESTERFIKASI (R-110)

Fungsi	:	Mereaksikan (mengurangi) <i>Free Fatty Acid</i> (FFA) dalam <i>Waste Palm Oil</i> (WPO) dan terbentuk <i>Fatty Acid Methyl Ester</i> (FAME) sehingga WPO memenuhi syarat untuk reaksi transesterifikasi.
Tipe	:	Tangki berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas <i>standard dished</i> dan tutup bawah <i>conical dished</i> dengan sudut puncak $120^\circ = \alpha$
Bahan Konstruksi	:	<i>Low Alloy Steel SA-302 grade A</i>
Tipe Pengelasan	:	Single welding butt joint without backing up strip
Volume tangki (V_T)	:	427,5978 ft ³
Diameter dalam tangki (D_I)	:	83,3750 in
Diameter Luar (D_o)	:	84 in
Tebal Silinder (t_s)	:	5/16 in
Tinggi Silinder (L_s)	:	118,3872 in
Tebal Tutup Atas (t_{ha})	:	5/16 in
Tinggi Tutup Atas (h_a)	:	14,0904 in
Tebal Tutup Bawah (t_{hb})	:	5/16 in
Tinggi Tutup Bawah (h_b)	:	24,0683 in
Diameter pipa (d_1)	:	1,3307 in
Jumlah	:	1 buah
Dimensi Pengaduk		
Diameter (D_a)	:	33,3500 in
Lebar (W)	:	6,6700 in
Panjang (L)	:	8,3375 in
Tinggi pengaduk (C)	:	27,7889 in
Lebar Baffle (J)	:	6,9479 in
Jenis Pengaduk	:	six blade dengan four baffles

Jumlah pengaduk	:	1 buah
Daya Pengaduk (P)	:	38,5 hp
Dimensi jaket		
Diameter dalam (d_{ij})	:	119,2500 in
Diameter luar (d_{oj})	:	120,0000 in
Tebal jaket (t_j)	:	3/8 in
Tebal tutup bawah (t_{hb_j})	:	3/8 in
Tinggi tutup bawah (hb_j)	:	4.3687 in

15. FLASH DRUM (F-121)

Fungsi	:	Memisahkan metanol dari bahan baku transesterifikasi (minyak dan metil ester)
Tipe	:	Tangki bertekanan luar berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah standard dished
Bahan Konstruksi	:	<i>Low Alloy Steel SA-302 grade A</i>
Tipe Pengelasan	:	double welding butt joint
Volume tangki (V_T)	:	109,6889 ft ³
Diameter dalam (D_T)	:	37,6250 in
Diameter Luar (D_o)	:	38 in
Tebal Silinder (t_s)	:	3/16 in
Tinggi Silinder (L_s)	:	162,4433 in
Tebal Tutup Atas (t_{ha})	:	3/16 in
Tinggi Tutup Atas (h_a)	:	6.3586 in
Waktu tinggal	:	0,25 jam
Jumlah tangki	:	1 buah
Separating plate		
tebal plate (t_p)	:	3/16 in
panjang harizontal (p_H)	:	3,76 in
panjang diagonal (p_D)	:	9,4063 in
lebar plate (L)	:	3,8 in
kemiringan plate (α)	:	60 derajat

16. PUMP (L-122)

Fungsi	:	Mengalirkan minyak dari tangki flash drum (F-121) ke tangki netralisasi (M-120)
Tipe	:	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah stage	:	<i>Single stage</i>
Kecepatan putaran	:	3500 rpm
Efisiensi	:	85%
Daya pompa	:	1 hp
Diameter dalam pipa	:	1,380 in
Diameter luar pipa	:	1,660 in
Kapasitas pompa	:	29.9739 gpm
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon Steel</i>
Jumlah	:	1 buah

17. BIN CaO (F-123)

Fungsi	:	Tangki penyimpanan CaO sebagai penetralisir NaOH
Tipe	:	Tangki berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas flat dan tutup bawah conical
Bahan Konstruksi	:	<i>Low Alloy Steel SA-302 grade A</i>
Tipe Pengelasan	:	double welding butt joint
Volume tangki (V_T)	:	375.8760 ft ³
Diameter dalam tangki (D_T)	:	83.3750 in
Diameter Luar (D_o)	:	84.0000 in
Tebal Silinder (t_s)	:	5/16 in
Tinggi Silinder (L_s)	:	111,0047 in
Tebal Tutup bawah (t_{hb})	:	3/16 in
Tinggi Tutup bawah (h_b)	:	23.1891 in
Waktu tinggal	:	3 hari
Jumlah tangki	:	1 buah

18. CENTRIFUGE (H-124)

Fungsi	:	Memisahkan minyak-metil ester yang keluar dari Tangki netralisasi (M-120) dari impuritis, CaSO ₄ dan Ca(OH) ₂
Tipe	:	Hidrocyclone-centrifuge
Diameter gasket	:	30 in
Kecepatan putaran	:	1200 rpm
Daya	:	3,5 hp
Jumlah	:	1 buah

19. PUMP (L-125)

Fungsi	:	Mengalirkan Ca(OH) ₂ dan CaSO ₄ dari centrifuge ke tangki penampung (F-126).
Tipe	:	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah stage	:	<i>Single stage</i>
Kecepatan putaran	:	3500 rpm
Efisiensi	:	85%
Daya pompa	:	2 hp
Diameter dalam pipa	:	1,380 in
Diameter luar pipa	:	1,660 in
Kapasitas pompa	:	20,7132 gpm
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon Steel</i>
Jumlah	:	1 buah

20. STORAGE Ca(OH)₂ dan CaSO₄ (F-126)

Fungsi	:	Tangki penyimpanan metanol sebagai bahan baku pembuatan biodiesel
Tipe	:	Tangki berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas <i>standard dished</i> dan tutup bawah flat
Bahan Konstruksi	:	<i>Low Alloy Steel SA-302 grade A</i>
Tipe Pengelasan	:	double welding butt joint

Volume tangki (V_T)	:	1.417,5110	ft ³
Diameter dalam (D_T)	:	183,1504	in
Diameter Luar (D_o)	:	90.0000	in
Tebal Silinder (t_s)	:	5/16	in
Tinggi Silinder (L_s)	:	73,2602	in
Tebal Tutup Atas (t_{ha})	:	5/16	in
Tinggi Tutup Atas (h_a)	:	30,9524	in
Waktu tinggal	:	3	hari
Jumlah tangki	:	1	buah

21. TANGKI NETRALISASI (M-120)

Fungsi	:	Menetralisir katalis asam sulfat yang digunakan dalam reaktor esterifikasi (R-110)	
Tipe	:	Tangki berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas <i>standard dished</i> dan tutup bawah <i>conical dished</i> dengan sudut puncak $120^\circ = \alpha$	
Bahan Konstruksi	:	<i>Low Alloy Steel SA-302 grade A</i>	
Tipe Pengelasan	:	Double welding butt joint	
Volume tangki (V_T)	:	269.0124	ft ³
Diameter dalam tangki (D_T)	:	71,5000	in
Diameter Luar (D_o)	:	72	in
Tebal Silinder (t_s)	:	1/4	in
Tinggi Silinder (L_s)	:	101,2387	in
Tebal Tutup Atas (t_{ha})	:	3/16	in
Tinggi Tutup Atas (h_a)	:	12,0835	in
Tebal Tutup Bawah (t_{hb})	:	3/16	in
Tinggi Tutup Bawah (h_b)	:	20,6403	in
Diameter pipa (d_1)	:	1,0555	in
Jumlah	:	1	buah
Dimensi Pengaduk			
Diameter (D_a)	:	28,6000	in
Lebar (W)	:	5,7200	in

Panjang (L)	:	7,1500	in
Tinggi pengaduk (C)	:	23,8310	in
Lebar Baffle (J)	:	5,9583	in
Jenis Pengaduk	:	six blade dengan four baffles	
Jumlah pengaduk	:	1	buah
Daya Pengaduk (P)	:	60	hp
Dimensi jaket			
Diameter dalam (d_i)	:	77.3750	in
Diameter luar (d_o)	:	78,0000	in
Tebal jaket (t_j)	:	5/16	in
Tebal tutup bawah (t_{hb_j})	:	1/5	in
Tinggi tutup bawah (h_{b_j})	:	22,3362	in

22. BIN NaOH (F-131)

Fungsi	:	Tangki penyimpanan sementara NaOH sebagai katalis dalam reaksi transesterifikasi	
Tipe	:	Tangki berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas flat dan tutup bawah conical $120^\circ = \alpha$	
Bahan Konstruksi	:	<i>Low Alloy Steel SA-302 grade A</i>	
Tipe Pengelasan	:	double welding butt joint	
Volume tangki (V_T)	:	38,4085	ft ³
Diameter dalam tangki (D_T)	:	39,6250	in
Diameter Luar (D_o)	:	40,0000	in
Tebal Silinder (t_s)	:	3/16	in
Tinggi Silinder (l_s)	:	50,0343	in
Tebal Tutup bawah (t_{hb})	:	3/16	in
Tinggi Tutup bawah (h_b)	:	10,8412	in
Waktu tinggal	:	2	hari
Jumlah tangki	:	1	buah

23. STORAGE METANOL RECYCLE (F-134)

Fungsi	:	Tangki penyimpanan metanol sebagai bahan baku pembuatan biodiesel
Tipe	:	Tangki berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas <i>standard dished</i> dan tutup bawah flat
Bahan Konstruksi	:	<i>Low Alloy Steel SA-302 grade A</i>
Tipe Pengelasan	:	double welding butt joint
Volume tangki (V_T)	:	68,5398 ft ³
Diameter dalam tangki (D_T)	:	47,6250 in
Diameter Luar (D_o)	:	48 in
Tebal Silinder (t_s)	:	3/16 in
Tinggi Silinder (L_s)	:	56,7978 in
Tebal Tutup Atas (t_{ha})	:	3/16 in
Tinggi Tutup Atas (h_a)	:	8,0486 in
Tebal Tutup Bawah (t_{hb})	:	3/16 in
Tinggi Tutup Atas (h_a)	:	13,7482 in
Waktu tinggal	:	3 jam
Jumlah tangki	:	1 buah

24. MIXER (M-135)

Fungsi	:	Mencampur katalis NaOH dan metanol dengan minyak untuk mempercepat reaksi transesterifikasi
Tipe	:	Tangki berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas <i>standard dished</i> dan tutup bawah conical dished dengan sudut puncak $120^\circ = \alpha$
Bahan Konstruksi	:	<i>Low Alloy Steel SA-302 grade A</i>
Tipe Pengelasan	:	Single welding butt joint without backing up strip
Volume tangki (V_T)	:	47,4857 ft ³
Diameter dalam tangki (D_T)	:	39,6250 in
Diameter Luar (D_o)	:	40 in
Tebal Silinder (t_s)	:	3/16 in

Tinggi Silinder (L _s)	:	58,4846	in
Tebal Tutup Atas (t _{ha})	:	3/16	in
Tinggi Tutup Atas (h _a)	:	6,6966	in
Tebal Tutup Bawah (t _{hb})	:	3/16	in
Tinggi Tutup Bawah (h _b)	:	11,4388	in
Diameter pipa (d _l)	:	0,4435	in
Jumlah	:	1	buah
Dimensi Pengaduk			
Diameter (D _a)	:	15,8500	in
Lebar (W)	:	3,1700	in
Panjang (L)	:	3,9625	in
Tinggi pengaduk (C)	:	13,2070	in
Lebar Baffle (J)	:	3,3021	in
Jenis Pengaduk	:	six blade dengan four baffles	
Jumlah pengaduk	:	1	buah
Daya Pengaduk (P)	:	2	hp

25. PUMP MIXER I (M-134)

Fungsi	:	Mencampur katalis dengan WPO sebelum masuk ke reaktor transesterifikasi (R-130)	
Tipe	:	<i>Centrifugal Pump</i>	
Jumlah stage	:	<i>Single stage</i>	
Kecepatan putaran	:	3500	rpm
Efisiensi	:	85%	
Daya pompa	:	0,5	hp
Diameter dalam pipa	:	3,068	in
Diameter luar pipa	:	3,500	in
Kapasitas pompa	:	29,9627	gpm
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon Steel</i>	
Jumlah	:	1	buah

26. PUMP (L-135)

Fungsi	:	Mengalirkan hasil transesterifikasi dari reaktor (R-130) ke reaktor selanjutnya (R-138)
Tipe	:	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah stage	:	<i>Single stage</i>
Kecepatan putaran	:	3500 rpm
Efisiensi	:	85%
Daya pompa	:	0.5 hp
Diameter dalam pipa	:	1,380 in
Diameter luar pipa	:	1,660 in
Kapasitas pompa	:	31,1797 gpm
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon Steel</i>
Jumlah	:	1 buah

27. REAKTOR BERPENGADUK DAN DECANTER (R-138)

MUHAMMAD YAHYA 0814001

28. DECANTER (H-137)

Fungsi	:	memisahkan fase biodiesel dan fase gliserol berdasarkan daya kelarutan
Tipe	:	Tangki berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah berbentuk standard dished
Bahan Konstruksi	:	Carbon steel SA 135
Tipe Pengelasan	:	double welding butt joint
Volume tangki (V_T)	:	105,3690 ft ³
Diameter dalam tangki (D_T)	:	65,5000 in
Diameter Luar (D_o)	:	66,0000 in
Tebal Silinder (t_s)	:	1/4 in
Tinggi Silinder (L_s)	:	131,0000 in
Tebal Tutup (t_h)	:	1/4 in
Tinggi Tutup (h)	:	11,0695 in
Waktu mulai memisah	:	5,5016 menit
Waktu tinggal	:	1 jam

Jumlah tangki : 1 buah

29. REAKTOR PLUG FLOW (R-130)

A S R U D I 0814008 :

30. PUMP MIXER II (M-141)

Fungsi : Mencampur katalis dengan WPO dan direaksikan kembali di reaktor transesterifikasi (R-140)

Tipe : *Centrifugal Pump*

Jumlah stage : *Single stage*

Kecepatan putaran : 3500 rpm

Efisiensi : 85%

Daya pompa : 0,5 hp

Diameter dalam pipa : 2,067 in

Diameter luar pipa : 2,375 in

Kapasitas pompa : 32,6110 gpm

Bahan konstruksi : *Carbon Steel*

Jumlah : 1 buah

31. HEATER (E-142)

Fungsi : Memanaskan minyak sebelum masuk ke reaktor esterifikasi

Tipe : DPHE 2 1/2 x 1 1/4" IPS SCH 40

Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA 53 Grade B

Rate feed : 5.377,9148 kg/jam

Rate Steam : 32,8312 kg/jam

Dimensi anulus

Diameter dalam : 2,469 in

Diameter luar : 2,88 in

Dimensi pipa

Diameter dalam : 1,38 in

Diameter luar : 1,66 in

Panjang : 12 ft

Jumlah hair pin	:	1 buah
Jumlah	:	1 buah

32. PUMP (L-143)

Fungsi	:	Mengalirkan hasil transesterifikasi dari R-140 ke reaktor (R-144) untuk menyempurnakan reaksi
Tipe	:	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah stage	:	<i>Single stage</i>
Kecepatan putaran	:	3500 rpm
Efisiensi	:	85%
Daya pompa	:	0,25 hp
Diameter dalam pipa	:	1,380 in
Diameter luar pipa	:	1,660 in
Kapasitas pompa	:	32,9709 gpm
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon Steel</i>
Jumlah	:	1 buah

33. REAKTOR BERPENGADUK DAN DECANTER (R-144)

MUHAMMAD YAHYA 0814001

34. DECANTER II (H-145)

Fungsi	:	Memisahkan fase biodiesel dan fase gliserol berdasarkan daya kelarutan
Tipe	:	Tangki berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah berbentuk standard dished
Bahan Konstruksi	:	Carbon steel SA 135
Tipe Pengelasan	:	double welding butt joint
Volume tangki (V_T)	:	62,6273 ft ³
Diameter dalam tangki (D_T)	:	39,6250 in
Diameter Luar (D_o)	:	40,0000 in
Tebal Silinder (t_s)	:	3/16 in
Tinggi Silinder (L_s)	:	79,2500 in
Tebal Tutup (t_h)	:	3/16 in

Tinggi Tutup (h)	:	6,6966 in
Waktu memisah	:	3,6509 menit
Waktu tinggal	:	1 jam
Jumlah tangki	:	1 buah

35. REAKTOR PLUG FLOW II (R-140)

A S R U D I 0814008

36. FLASH DRUM(F-151)

Fungsi	:	Memisahkan metanol dari metil ester hasil reaksi transesterifikasi.
Tipe	:	Tangki bertekanan luar berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah standard dished
Bahan Konstruksi	:	<i>Low Alloy Steel SA-302 grade A</i>
Tipe Pengelasan	:	double welding butt joint
Volume tangki (V_f)	:	82,6518 ft ³
Diameter dalam tangki (D_f)	:	33,6250 in
Diameter Luar (D_o)	:	34 in
Tebal Silinder (t_s)	:	3/16 in
Tinggi Silinder (L_s)	:	153,6608 in
Tebal Tutup Atas (t_{ha})	:	3/16 in
Tinggi Tutup Atas (h_a)	:	5,6826 in
Waktu tinggal	:	0,25 jam
Jumlah tangki	:	1 buah

37. KONDENSOR II (E-152)

Fungsi	:	Menkondensasi uap metanol dari flash drum (F-151 dan F-160)
Tipe	:	DPHE 2 1/2 x 1 1/4" IPS SCH 40
Bahan Konstruksi	:	Carbon Steel SA 53 Grade B
Rate feed	:	409,9458 kg/jam
Rate air	:	1.018,7674 kg/jam
Dimensi anulus	:	

Diameter dalam	:	2,469 in
Diameter luar	:	2,88 in
Dimensi pipa		
Diameter dalam	:	1,38 in
Diameter luar	:	1,66 in
Panjang	:	12 ft
Jumlah hair pin	:	1 buah
Jumlah	:	1 buah

38. PUMP (L-153)

Fungsi	:	Mengalirkan metanol recycle dari flash drum ke tangki penampung metanol recycle (F-134)
Tipe	:	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah stage	:	<i>Single stage</i>
Kecepatan putaran	:	3500 rpm
Efisiensi	:	85%
Daya pompa	:	0,25 hp
Diameter dalam pipa	:	1,380 in
Diameter luar pipa	:	1,660 in
Kapasitas pompa	:	2,2848 gpm
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon Steel</i>
Jumlah	:	1 buah

39. HEATER (E-154 A)

Fungsi	:	Memanaskan minyak sebelum masuk ke flash drum (F-151)
Tipe	:	DPHE 3 x 2" IPS SCH 40
Bahan Konstruksi	:	Carbon Steel SA 53 Grade B
Rate feed dingin	:	5.074.2375 kg/jam
Rate feed panas	:	5.071.6986 kg/jam
Dimensi anulus		
Diameter dalam	:	3.068 in

Diameter luar	:	3,5 in
Dimensi pipa		
Diameter dalam	:	2,067 in
Diameter luar	:	2,38 in
Panjang	:	12 ft
Jumlah hair pin	:	1 buah
Jumlah	:	1 buah

40. HEATER (E-154 B)

Fungsi	:	Memanaskan minyak sebelum masuk ke reaktor esterifikasi
Tipe	:	DPHE 2 1/2 x 1 1/4" IPS SCH 40
Bahan Konstruksi	:	Carbon Steel SA 53 Grade B
Rate feed	:	5.074,2375 kg/jam
Rate Steam	:	32,1970 kg/jam
Dimensi anulus		
Diameter dalam	:	2,469 in
Diameter luar	:	2,88 in
Dimensi pipa		
Diameter dalam	:	1,38 in
Diameter luar	:	1,66 in
Panjang	:	12 ft
Jumlah hair pin	:	1 buah
Jumlah	:	1 buah

41. PUMP (L-155)

Fungsi	:	Mengalirkan hasil transesterifikasi dari Decanter (H-145) ke Flash drum (F-151)
Tipe	:	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah stage	:	<i>Single stage</i>
Kecepatan putaran	:	3500 rpm
Efisiensi	:	85%

Daya pompa	:	0.25 hp
Diameter dalam pipa	:	1.380 in
Diameter luar pipa	:	1.660 in
Kapasitas pompa	:	32.9780 gpm
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon Steel</i>
Jumlah	:	1 buah

42. PUMP (L-156)

Fungsi	:	Mengalirkan hasil transesterifikasi dari Flash drum ke Tangki Magnesol (H-150)
Tipe	:	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah stage	:	<i>Single stage</i>
Kecepatan putaran	:	3500 rpm
Efisiensi	:	85%
Daya pompa	:	0.25 hp
Diameter dalam pipa	:	1.380 in
Diameter luar pipa	:	1.660 in
Kapasitas pompa	:	32.9780 gpm
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon Steel</i>
Jumlah	:	1 buah

43. PUMP (L-157)

Fungsi	:	Mengalirkan hasil transesterifikasi dari Tangki Magnesol (H-150) ke storage (F-159)
Tipe	:	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah stage	:	<i>Single stage</i>
Kecepatan putaran	:	3500 rpm
Efisiensi	:	85%
Daya pompa	:	0.25 hp
Diameter dalam pipa	:	1.380 in
Diameter luar pipa	:	1.660 in
Kapasitas pompa	:	32.9780 gpm

Bahan konstruksi : *Carbon Steel*
 Jumlah : 1 buah

44. COOLER (E-158)

Fungsi : Mendinginkan biodiesel hasil pemurnian sebelum masuk ke Storage Biodiesel (F-159)
 Tipe : DPHE 2 1/2 x 1 1/4" IPS SCH 40
 Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA 53 Grade B
 Rate feed : 5.050,5051 kg/jam
 Rate air : 9.383,0550 kg/jam
 Dimensi anulus
 Diameter dalam : 2,469 in
 Diameter luar : 2,88 in
 Dimensi pipa
 Diameter dalam : 1,38 in
 Diameter luar : 1,66 in
 Panjang : 12 ft
 Jumlah hair pin : 1 buah
 Jumlah : 1 buah

45. STORAGE BIODIESEL (F-159)

Fungsi : Tangki penyimpanan biodiesel sebelum dikirim Ke konsumen
 Tipe : Tangki berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas *standard dished* dan tutup bawah flat
 Bahan Konstruksi : *Low Alloy Steel SA-302 grade A*
 Tipe Pengelasan : double welding butt joint
 Volume tangki (V_T) : 2.369,2385 ft³
 Diameter dalam (D_T) : 217,3546 in
 Diameter Luar (D_o) : 217,7296 in
 Tebal Silinder (t_s) : 5/8 in
 Tinggi Silinder (L_s) : 86,9418 in

Tebal Tutup Atas (t_{ha})	:	5/8 in
Tinggi Tutup Atas (h_a)	:	36,7329 in
Waktu tinggal	:	3 hari
Jumlah tangki	:	10 buah

46. TANGKI MAGNESOL (F-150)

Fungsi	:	Memisahkan pengotor seperti air dan sabun yang ada di dalam biodiesel
Tipe	:	Tangki bertekanan luar berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas flat dan tutup bawah berbentuk standard dished
Bahan Konstruksi	:	<i>Low Alloy Steel SA-302 grade A</i>
Tipe Pengelasan	:	double welding butt joint
Volume tangki (V_T)	:	15,7130 m ³
Diameter dalam tangki (D_T)	:	61,6389 in
Diameter Luar (D_o)	:	62.0139 in
Tebal Silinder (t_s)	:	3/16 in
Tinggi Silinder (L_s)	:	5 m
Tebal Tutup Atas (t_{ha})	:	3/16 in
Tinggi Tutup Atas (h_a)	:	10,4170 in
Waktu tinggal	:	3 hari
Jumlah tangki	:	3 buah

47. PUMP (L-161)

Fungsi	:	Mengalirkan gliserol dan sisa reaksi ke Flash drum (F-160)
Tipe	:	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah stage	:	<i>Single stage</i>
Kecepatan putaran	:	3500 rpm
Efisiensi	:	85%
Daya pompa	:	0.25 hp
Diameter dalam pipa	:	0.824 in

Diameter luar pipa	:	1,050 in
Kapasitas pompa	:	11,6206 gpm
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon Steel</i>
Jumlah	:	1 buah

48. HEATER (E-162)

Fungsi	:	Memanaskan gliserol hasil reaksi untuk memisahkan memisahkan metanol sisa
Tipe	:	DPHE 2 1/2 x 1 1/4" IPS SCH 40
Bahan Konstruksi	:	Carbon Steel SA 53 Grade B
Rate feed	:	1.960,3763 kg/jam
Rate Steam	:	168,0595 kg/jam
Dimensi anulus		
Diameter dalam	:	2,469 in
Diameter luar	:	2,88 in
Dimensi pipa		
Diameter dalam	:	1,38 in
Diameter luar	:	1,66 in
Panjang	:	12 ft
Jumlah hair pin	:	1 buah
Jumlah	:	1 buah

49. HEATER (E-163)

Fungsi	:	Mengalirkan gliserol dan sisa reaksi ke Flash drum (F-160)
Tipe	:	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah stage	:	<i>Single stage</i>
Kecepatan putaran	:	3500 rpm
Efisiensi	:	85%
Daya pompa	:	0,25 hp
Diameter dalam pipa	:	0,824 in
Diameter luar pipa	:	1,050 in

Kapasitas pompa	:	11,6206 gpm
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon Steel</i>
Jumlah	:	1 buah

50. COOLER (E-164)

Fungsi	:	Mendinginkan gliserol sebelum masuk ke tangki penyimpanan gliserol (F-166)
Tipe	:	DPHE 2 1/2 x 1 1/4" IPS SCH 40
Bahan Konstruksi	:	Carbon Steel SA 53 Grade B
Rate feed	:	1.960,3763 kg/jam
Rate air	:	9.383,0550 kg/jam
Dimensi anulus		
Diameter dalam	:	2,469 in
Diameter luar	:	2,88 in
Dimensi pipa		
Diameter dalam	:	1,38 in
Diameter luar	:	1,66 in
Panjang	:	12 ft
Jumlah hair pin	:	1 buah
Jumlah	:	1 buah

51. STORAGE GLISEROL (F-165)

Fungsi	:	Tangki penyimpanan waste palm oil sebagai bahan baku utama
Tipe	:	Tangki berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas <i>standard dished</i> dan tutup bawah flat
Bahan Konstruksi	:	<i>Low Alloy Steel SA-302 grade A</i>
Tipe Pengelasan	:	double welding butt joint
Volume tangki (V_T)	:	838,7792 ft ³
Diameter dalam tangki (D_T)	:	153,7618 in
Diameter Luar (D_o)	:	154,1368 in
Tebal Silinder (t_s)	:	3/16 in

Tinggi Silinder (L_s)	:	61,5047 in
Tebal Tutup Atas (t_{ha})	:	5/8 in
Tinggi Tutup Atas (h_a)	:	25,9857 in
Waktu tinggal	:	3 hari
Jumlah tangki	:	10 buah

52. FLASH DRUM (F-160)

Fungsi	:	Memisahkan metanol dari gliserol hasil reaksi transesterifikasi.
Tipe	:	Tangki bertekanan luar berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah standard dished
Bahan Konstruksi	:	<i>Low Alloy Steel SA-302 grade A</i>
Tipe Pengelasan	:	double welding butt joint
Volume tangki (V_T)	:	0,4666 ft ³
Diameter dalam tangki (D_T)	:	11,6250 in
Diameter Luar (D_o)	:	12 in
Tebal Silinder (t_s)	:	3/16 in
Tinggi Silinder (L_s)	:	58,1250 in
Tebal Tutup Atas (t_{ha})	:	3/16 in
Tinggi Tutup Atas (h_a)	:	1,9646 in
Waktu tinggal	:	0,25 jam
Jumlah tangki	:	1 buah
Separating plate		
tebal plate (t_p)	:	3/16 in
panjang harizontal (p_H)	:	1,1625 in
panjang diagonal (p_D)	:	2,9063 in
lebar plate (L)	:	24,0000 in
kemiringan plate (α)	:	60 derajat

BAB VI PERANCANGAN ALAT UTAMA

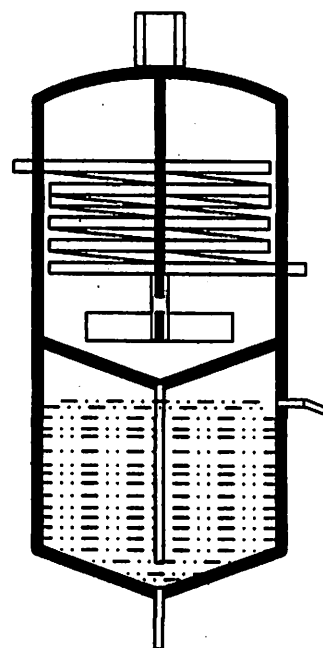
6.1. REAKTOR BERPENGADUK/DECANTER (R-144)

Fungsi	:	Tempat terjadinya reaksi transesterifikasi antara Waste Palm Oil dengan Metanol menggunakan katalis NaOH
Tipe	:	Tangki berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas standard dished dan tutup bawah conical dished dengan sudut puncak $120^\circ = \alpha$
Bahan konstruksi	:	Low Alloy Steel SA-302 grade A
Allowable stress (f)	:	18.750 psi
Tipe pengelasan	:	Double welding butt joint
faktor korosi (C)	:	1/16 in
Faktor pengelasan (E)	:	0,85
L/D	:	$1,5 = L_s = 1,5 D_T$
Feed	:	$5.077,6475 \text{ kg/jam} = 11.194,1816 \text{ lb/jam}$
Kondisi operasi	:	60°C ; $1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psia}$
Waktu operasi	:	$30 \text{ menit} = 1/2 \text{ jam}$
Jumlah reaktor	:	1 buah

Adapun tahapan perancangan reaktor, sebagai berikut:

- A. Perancangan dimensi reaktor
- B. Perancangan pengaduk reaktor
- C. Perancangan dimensi decanter
- D. Perhitungan nozzle
- E. Perhitungan Coil Pemanas
- F. Perancangan dimensi gasket, bolting dan flange
- G. Perancangan sistem penyangga reaktor
- H. Perancangan pondasi reaktor

Gambar Reaktor transesterifikasi



A. Perancangan Dimensi Reaktor

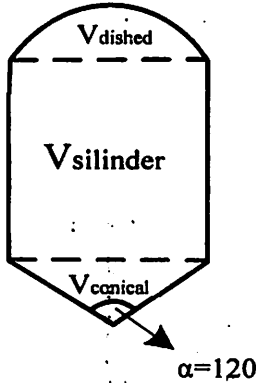
a. Menentukan Diameter (D_T) dan Tinggi Liquid dalam Silinder (L_{LS})

$$\text{Rate Volumetric} = \text{Feed} / \rho_{\text{campuran}} = 264,4550 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

jika rate volumetric hanya mengisi 80% dari volume total tangki, dengan waktu tinggal 30 menit adalah

$$V_T = V_{\text{ruang kosong}} + V_{\text{feed}} = 165,2844 \text{ ft}^3 = 4,6804 \text{ m}^3$$

komponen	massa	fraksi	Densitas	viskositas
	(kg/jam)		(kg/L)	(kg/m.s)
Triglicerida	1,4268	0,00028	0,88	0,19105
Metanol	5,7938	0,00114	0,79	0,09284
H2O	23,7724	0,00468	0,9965	0,00095
Biodiesel	5.046,5613	0,99388	0,7167	0,00293
NaOH	0,0857	1,688E-05	2,1	0,02000
Gliserol	0,0074	1,466E-06	1,221	0,02031
Total	5.077,6475		0,6781 kg/L	0,00290 kg/m.s
			42,3292 lb _m /ft ³	0,00195 lb _m /ft.s



Gambar 6.2. reaktor

$$V_T = V_{\text{dished}} + V_{\text{silinder}} + V_{\text{conical}}$$

$$165,2844 = (0,0847 D_T^3) + \left(\frac{\pi}{4} D_T^2 L_{LS} \right) + \left(\frac{\pi D_T^3}{24 \tan\left(\frac{1}{2}\alpha\right)} \right)$$

$$= 1,3377 D_T^3$$

$$D_T = 4,9807 \text{ ft} = 59,7679 \text{ in}$$

$$V_{\text{liquid}} = V_{\text{liquid dalam silinder}} + V_{\text{conical}}$$

$$132,2275 = \left(\frac{\pi}{4} D_T^2 L_{LS} \right) + \left(\frac{\pi D_T^3}{24 \tan\left(\frac{1}{2}\alpha\right)} \right) \quad (\text{brownell, 1959})$$

$$L_{LS} = 6,3109 \text{ ft}$$

$$= 1,9236 \text{ m} = 75,7311 \text{ in}$$

b. Menentukan Tebal (t_s) dan Diameter Luar Silinder (D_o)

tekanan operasi dari liquida itu sendiri, maka dasar perancangannya pada tekanan 1 atm (P_{operasi}) = 14,696 psia

$$P_{\text{alat}} = P_{\text{operasi}} + P_{\text{liquid}}$$

$$P_{\text{liquid}} = \frac{\rho g L_{t_s}}{144 \times 32,174} \quad (\text{brownell, 1959})$$

$$= 1,8551 \text{ psi}$$

$$P_{\text{alat}} = 16,5511 \text{ psig}$$

sehingga tebal silinder,

$$t_s = \frac{P_{\text{alat}} D_T}{2 (f E - 0,6 P_{\text{alat}})} + C = 0,0936 \text{ in}$$

kemudian t_s hasil perhitungan distandarisasi sesuai tabel 5.7 (brownell, 1959)

sehingga diperoleh t_s sebesar $1/4 \text{ in}$

$$D_O = D_T + 2t_s = 60,2679 \text{ in} = 5,0223 \text{ ft} = 1,5308 \text{ m}$$

dari tabel 5.7 (brownell, 1959) diperoleh pendekatan

$$D_O = 66 \text{ in} = 1,6764 \text{ m} = 5,5000 \text{ ft}$$

$$\text{icr} = 4 \text{ in} = 0,1016 \text{ m} = 0,3333 \text{ ft}$$

$$r = 66 \text{ in} = 1,6764 \text{ m} = 5,5000 \text{ ft}$$

$$t_s = 1/4 \text{ in} = 0,0064 \text{ m} = 0,0208 \text{ ft}$$

kemudian menentukan D_T baru berdasarkan D_O dan t_s yang diperoleh,

$$D_T = D_O - 2t_s = 65,5000 \text{ in} = 5,4583 \text{ ft} = 1,6637 \text{ m}$$

c. Menentukan Tebal Tutup (t_h) dan Tinggi Tangki (H)

Menentukan tebal tutup atas (t_{ha})

$$t_{ha} = \frac{0,885 P_{\text{alat}} D_T}{(fE - 0,1 P_{\text{alat}})} + C \quad (\text{brownell, 1959})$$

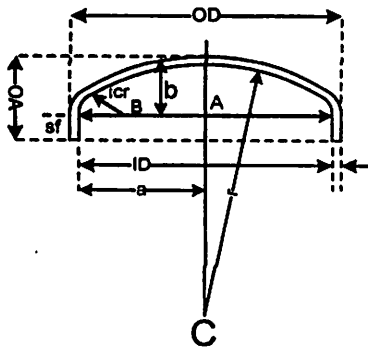
$$= 0,1227 \text{ in} \approx 1/4 \text{ in} \quad (\text{tabel 5.7, brownell, 1959})$$

Menentukan tebal tutup bawah (t_{hb})

$$t_{hb} = \frac{P_{\text{alat}} D_T}{2(fE - 0,6 P_{\text{alat}}) \cos \frac{1}{2} \alpha} + C \quad (\text{brownell, 1959})$$

$$= 0,1306 \text{ in} \approx 1/4 \text{ in} \quad (\text{tabel 5.7, brownell, 1959})$$

Menentukan tinggi tutup atas/standard dished (h_a)



$$a = D_T/2 = 32,75 \text{ in}$$

$$AB = a - icr = 28,7500 \text{ in}$$

$$BC = r - icr = 62,0000 \text{ in}$$

$$AC = \sqrt{BC^2 - AB^2} = 54,9312 \text{ in}$$

$$b = r - AC = 11,0688 \text{ in}$$

$$sf = 1,5 \text{ in}$$

Gambar 6.3. tutup atas standard dished

$$h_a = t_{ha} + b + sf = 12,8188 \text{ in}$$

Menentukan tinggi tutup bawah/conical dished (h_b)

$$h_b = \left(\frac{0,5 \times D_T}{\tan \frac{1}{2} \alpha} \right) = 1,5757 \text{ ft} = 18,9082 \text{ in}$$

Menentukan tinggi silinder (L_S)

$$V_T = V_{dished} + V_{silinder} + V_{conical}$$

$$165,2844 = (0,0847 D_T^3) + \left(\frac{\pi}{4} D_T^2 L_S \right) + \left(\frac{\pi D_T^3}{24 \tan \left(\frac{1}{2} \alpha \right)} \right)$$

$$L_S = 5,9529 \text{ ft} = 71,4353 \text{ in}$$

$$H = L_S + h_a + h_b = 103,1623 \text{ in} = 2,6203 \text{ m}$$

dari perhitungan di atas diperoleh dimensi reaktor sebagai berikut:

Diameter Luar (D_o)	=	66	in	=	1,6764	m
Diameter Dalam (D_i)	=	65,5000	in	=	1,6637	m
Tinggi silinder (L_s)	=	71,4353	in	=	1,8145	m
Tebal Silinder (t_s)	=	1/4	in	=	0,0064	m
Tebal tutup atas (t_{ha})	=	1/4	in	=	0,0064	m
Tebal tutup bawah (t_{hb})	=	1/4	in	=	0,0064	m
Tinggi tutup atas (h_a)	=	12,8188	in	=	0,3256	m
Tinggi tutup bawah (h_b)	=	18,9082	in	=	0,4803	m
Tinggi Reaktor (H)	=	103,1623	in	=	2,6203	m

B. Perancangan Pengaduk

Data-data standart sistem pengadukan (tabel 3.4-1; Hal.144, Geankoplis):

$$D_a/D_T = 0,4$$

$$W/D_a = 1/5$$

$$L/D_a = 1/4$$

$$C/D_T = 1/3$$

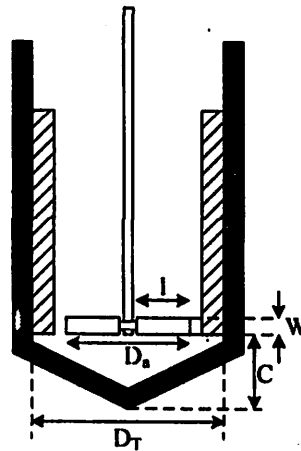
$$J/D_T = 1/12$$

Dimana :

D_T = Diameter dalam tangki

D_a = Diameter impeller (pengaduk)

W = Lebar Pengaduk



Gambar 6.4. pengaduk

L = Panjang Pengaduk

C = Tinggi pengaduk dari dasar tangki

J = lebar baffle

a. Menentukan diameter pengaduk dan lebar baffle

$$D_a/D_T = 0,3$$

$$D_a = 0,4 * D_T = 19,6500 \text{ in} = 1,6375 \text{ ft}$$

$$J/D_T = 1/12$$

$$J = 1/12 * D_T = 5,4583 \text{ in} = 0,4549 \text{ ft}$$

b. Menentukan lebar dan panjang pengaduk

$$W/D_a = 1/5$$

$$W = 1/5 * D_a = 3,9300 \text{ in} = 0,3275 \text{ ft}$$

$$L/D_a = 1/4$$

$$L = 1/4 * D_a = 4,9125 \text{ in} = 0,4094 \text{ ft}$$

c. Menentukan tinggi pengaduk dari dasar tangki

$$C/D_T = 1/3$$

$$C = 1/3 * D_T = 21,8312 \text{ in} = 1,8193 \text{ ft}$$

d. Menentukan jenis, daya dan jumlah pengaduk

Perbandingan $D_a/W = 5$, maka jenis pengaduk yang digunakan six blade dengan four baffles dengan jumlah pengaduk 1 buah

dengan $N = 300 \text{ rpm} = 5,00 \text{ rps}$ (Noerreddini,1997)

$$N_{Re} = \frac{Da^2 N \rho}{\mu} = 290.729,5590$$

dari fig. 3.4-4, Geankoplis (1997), diperoleh $N_p = 5$, sehingga daya (P)

$$P = \frac{N_p \rho N^3 Da^5}{gc} = \frac{9.681,0400 \text{ ft.lbf/s}}{gc} = 17,601891 \text{ hp} = 13,1257 \text{ kW}$$

Kehilangan-kehilangan daya :

- Gain losses (Kebocoran daya pada proses dan bearing) diperkirakan 10% dari daya masuk.
- Transmission System Losses (kebocoran belt atau gear) diperkirakan 20% dari daya masuk.

$$P \text{ yang dibutuhkan} = 30\% P + P = 22,8825 \text{ hp} \approx 23 \text{ hp}$$

f. Panjang dan diameter batang/poros pengaduk

$$T = \frac{63025 H}{N} \quad (\text{Hesses, 1945})$$

dimana:

$$H = \text{daya motor} = 23 \text{ hp}$$

$$N = \text{putaran pengaduk} = 300 \text{ rpm}$$

$$T = \text{Momen putar} = 4.831,9167$$

S = maks. Design shearing stress yang diujikan

dari Hesse tabel 16-1 hal 467, untuk bahan Hot-rolled steel SAE 1040

mengandung karbon 40% dengan batas = 45.000 psi

$$S = \% \text{karbon} \times \text{tekanan mak} = 18.000 \text{ psi}$$

maka didapatkan diameter poros (D)

$$D = \sqrt{\frac{16T}{\pi S}} = 1,1695 \text{ in}$$

$$L = h + l - Z_i$$

dimana:

$$h = L_s + t_{ha} = 84,2541 \text{ in}$$

$$l = \text{panjang pengaduk} = 4,9125 \text{ in}$$

$$Z_i = \text{jarak impeller dari dasar tangki} = 21,8312 \text{ in}$$

$$L = \text{panjang batang/poros} = 67,3354 \text{ in}$$

dari perhitungan diperoleh dimensi pengaduk sebagai berikut:

Tipe	=	six blade dengan four baffles
Diameter impeller (Da)	=	19,6500 in
Tinggi impeller dari dasar tangki (C)	=	21,8312 in
Lebar impeller (W)	=	3,9300 in
Panjang impeller(l)	=	4,9125 in
Jumlah pengaduk (Np)	=	1 buah
Daya (P)	=	23 hp
Panjang poros/batang (L)	=	67,3354 in
Diameter poros (D)	=	1,1695 in

C. Perancangan Dimensi Decanter

Fungsi	:	memisahkan fase biodiesel dan fase gliserol berdasarkan daya kelarutan
Tipe	:	Tangki berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah berbentuk standard dished
Bahan konstruksi	:	Low Alloy Steel SA-302 grade A
Allowable stresses (f)	:	12.750 psi
Tipe pengelasan	:	<i>Double Welding Butt Joint</i>

komponen	massa	fraksi	Densitas	viskositas
	(kg/jam)		(kg/L)	(kg/m.s)
Trigliserida	0,0571	0,00001	0,88	0,1910
Metanol	5,6383	0,00111	0,79	0,0928
H ₂ O	23,7724	0,00468	0,9965	0,0010
Biodiesel	5.047,9374	0,99415	0,7167	0,0029
NaOH	0,0857	0,00002	2,1	0,0200
Gliserol	0,1566	0,00003	1,221	0,0203
Total	5.077,6475		0,7182 kg/L	0,00302 kg/m.s
			44,8304 lb _m /ft ³	0,00203 lb _m /ft.s

Fase Biodiesel

komponen	massa	fraksi	Densitas	viskositas
	(kg/jam)		(kg/L)	(kg/m.s)
Trigliserida	0,0571	0,00001	0,88	0,1910
Metanol	0,1147	0,00002	0,79	0,0928
H2O	23,7172	0,00468	0,9965	0,0010
Biodiesel	5.047,9244	0,99529	0,7167	0,0029
NaOH	0,0006	0,00000	2,1	0,0200
Gliserol	0,0039	0,00000	1,221	0,0203
Total	5.071,8179		0,7180 kg/L	0,00293 kg/m.s
			44,8230 lb _m /ft ³	0,00197 lb _m /ft.s

Fase Gliserol

komponen	massa	fraksi	Densitas	viskositas
	(kg/jam)		(kg/L)	(kg/m.s)
Trigliserida	0,0000	0,00000	0,88	0,1910
Metanol	5,5236	0,94751	0,79	0,0928
H2O	0,0552	0,00947	0,9965	0,0010
Biodiesel	0,0130	0,00223	0,7167	0,0029
NaOH	0,0851	0,01460	2,1	0,0200
Gliserol	0,1527	0,02619	1,221	0,0203
Total	5,8296		0,8222 kg/L	0,08881 kg/m.s
			51,3255 lb _m /ft ³	0,05968 lb _m /ft.s

a. Disain Decanter (Choulson & Richardson's, hal. 394. 1993)

disain decanter mempunyai dimensi yang sama dengan reaktor transesterifikasi, yaitu:

$$\text{Diameter Luar (Do)} = 66 \text{ in} = 1,6764 \text{ m}$$

$$\text{Diameter Dalam (Di)} = 65,5000 \text{ in} = 1,6637 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi silinder (Ls)} = 71,4353 \text{ in} = 1,8145 \text{ m}$$

$$\text{Tebal Silinder (ts)} = 0,2500 \text{ in} = 0,0064 \text{ m}$$

$$\text{Tebal tutup bawah (t_{hb}) } = 0,2500 \text{ in} = 0,0064 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi tutup bawah (hb)} = 18,9082 \text{ in} = 0,4803 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Reaktor (H)} = 103,1623 \text{ in} = 2,6203 \text{ m}$$

- b. Menentukan waktu yang dibutuhkan untuk memisah (θ)

diambil $d_d = 150 \mu\text{m}$ dengan waktu tinggal 30 menit

$$\mu_d = \frac{d_d^2 g (\rho_d - \rho_c)}{18 \mu_c} = -0,014383 \text{ m/s}$$

jika jarak terjadinya pemisahan 10% dari tinggi silinder maka

$$\theta = 10\% \cdot \text{tinggi silinder} / \mu_d = 18,2180 \text{ s} = 0,3036 \text{ menit}$$

$$A = \pi r^2 = 2,1728 \text{ m}^2$$

$$\text{velocity biodiesel} = \text{rate} / (\rho \times 3600 \times A) = 0,000903 \text{ m/s}$$

$$d_d = \frac{\mu_d 18 \mu_c}{g (\rho_d - \rho_c)} = 1\text{E-}06 \text{ m} = 1,4126 \mu\text{m}$$

rancangan memuaskan karena d_d perhitungan $< 150 \mu\text{m}$

D. Perancangan Nozzle

- a. Nozzle pada Tutup Atas Standard Dished
 - Nozzle untuk memasukkan feed (produk R-140)
- b. Nozzle pada Silinder Reaktor
 - Nozzle manhole
 - Nozzle pemasukan steam
 - Nozzle pengeluaran steam kondensat
- c. Nozzle pada Tutup Bawah Conical Reaktor
 - Nozzle untuk pengeluaran produk ke Decanter
- d. Nozzle pada Silinder Decanter
 - Nozzle manhole
 - Nozzle pengeluaran produk (Biodiesel)
- e. Nozzle pada Tutup Bawah Conical Decanter
 - Nozzle untuk pengeluaran produk (Gliserol)

Nozzle di atas menggunakan flange standard tipe welding neck

- a. Nozzle pada Tutup Atas Standard Dished

- Nozzle untuk memasukkan feed (produk R-140)

Menentukan Kecepatan fluida

Dalam menentukan kecepatan fluida dapat digunakan data kecepatan simpson (Coulson & Richardson's, Hal. 186. 1993), dimana untuk

$$\rho_{\text{campuran}} = 718,15777 \text{ kg/m}^3 \text{ adalah } 3 \text{ m/s} = 9,8424 \text{ ft/s}$$

Menentukan Dimensi Lubang

dalam perhitungan diameter optimum digunakan persamaan 5-14 (Coulson & Richardson's, Hal. 189. 1997), dimana bahan yang digunakan carbon steel

$$D_{i_{\text{optimum}}} = 293 (\text{rate feed})^{0.53} (\rho)^{-0.37} = 30,8480 \text{ mm} \\ = 1,2145 \text{ in}$$

Standarisasi Di menggunakan App. A-5 (Geankoplis. 1997)

$$\begin{aligned} \text{NPS} &= 1 \frac{1}{4} \text{ in} & D_o &= 1,66 \text{ in} \\ D_i &= 1,38 \text{ in} & t &= 0,14 \text{ in} \\ A &= 0,00096 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Pengecekan Laju Fluida dan Jenis Aliran

$$\text{rate volumetrik} = 264,4550 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,0021 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = \text{rate volumetrik} / A = 2,1561 \text{ m/s}$$

$$N_{\text{Re}} = \frac{D_{\text{pipa}} v \rho}{\mu} = 18.683,5227 \text{ (turbulen)}$$

b. Nozzle pada Silinder Reaktor

- Nozzle manhole

Lubang manhole dibuat berdasarkan standard yang ada, yaitu NPS 20 in

- Nozzle Pemasukan Steam dan Pengeluaran Steam Condensate

$$\text{steam masuk/keluar} = 12,0038 \text{ kg/jam} = 26,463577 \text{ lb}_m/\text{jam}$$

$$\rho \text{ steam} = 2,5458 \text{ kg/m}^3$$

$$D_{i_{\text{optimum}}} = 293 (\text{rate feed})^{0.53} (\rho)^{-0.37} = 10,0904 \text{ mm} \\ = 0,3973 \text{ in}$$

Standarisasi Di menggunakan App. A-5 (Geankoplis. 1997)

$$\begin{aligned} \text{NPS} &= 1/2 \text{ in} & D_o &= 0,84 \text{ in} \\ D_i &= 0,622 \text{ in} & t &= 0,109 \text{ in} \\ A &= 0,00020 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

c. Nozzle pada Tutup Bawah Conical Reaktor

- Nozzle untuk pengeluaran produk ke Decanter
perhitungan sesuai nozzle feed.

Standarisasi Di menggunakan App. A-5 (Geankoplis. 1997)

$$\text{NPS} = 1 \frac{1}{4} \text{ in} \quad D_o = 1,66 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} Di &= 1,38 \text{ in} & t &= 0,14 \text{ in} \\ A &= 0,00096 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

d. Nozzle pada Silinder Decanter

- Nozzle manhole

Lubang manhole dibuat berdasarkan standard yang ada, yaitu NPS 20 in

- Nozzle pengeluaran produk (Biodiesel)

Standarisasi Di menggunakan App. A-5 (Geankoplis. 1997)
perhitungan sesuai nozzle feed.

$$\text{NPS} = 1 \frac{1}{4} \text{ in}$$

e. Nozzle pada Tutup Bawah Conical Decanter

- Nozzle untuk pengeluaran produk (Gliserol)

dalam perhitungan diameter optimum digunakan persamaan 5-14
(Coulson & Richardson's, Hal. 189. 1997), dimana bahan yang digunakan
carbon steel

$$\begin{aligned} Di_{\text{optimum}} &= 293 (\text{rate feed})^{0,33} (\rho)^{-0,37} = 0,8115 \text{ mm} \\ &= 0,0319 \text{ in} \end{aligned}$$

Standarisasi Di menggunakan App. A-5 (Geankoplis. 1997)

$$\text{NPS} = \frac{3}{4} \text{ in} \quad Do = 1,05 \text{ in}$$

$$Di = 0,824 \text{ in} \quad t = 0,113 \text{ in}$$

$$A = 0,00034 \text{ m}^2$$

Penentuan Flange pada Nozzle

Brownell, tabel 12.2, hal. 221 diperoleh flange untuk semua nozzle, dipilih flange
standard type welding neck dengan dimensi nozzle, sebagai berikut:

Nozzle A. Nozzle untuk memasukkan feed (produk R-140)

Nozzle B Nozzle pemasukan steam

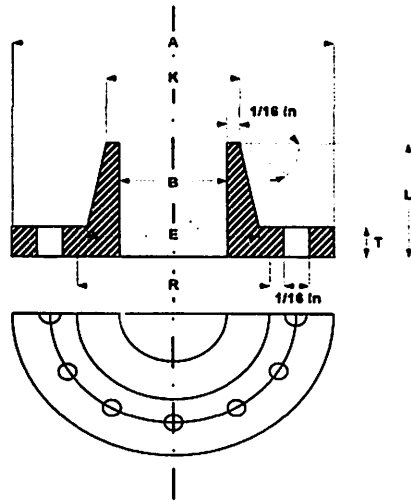
Nozzle C Nozzle pengeluaran steam kondesat

Nozzle D Nozzle untuk pengeluaran produk ke Decanter

Nozzle E Nozzle manhole

Nozzle F Nozzle pengeluaran produk (Biodiesel)

Nozzle G. Nozzle untuk pengeluaran produk (Gliserol)



Detail flange nozzle

Nozzle	NPS	A	T	R	E	K	L	B
in	in	in	in	in	in	in	in	in
A	1 1/4	4 5/8	11/16	2 1/2	2 5/16	1,66	2 1/4	1,38
B	1/2	3 1/2	7/16	1 3/8	1 3/16	0,84	1 7/8	0,62
C	1/2	3 1/2	7/16	1 3/8	1 3/16	0,84	1 7/8	0,62
D	1/2	3 1/2	7/16	1 3/8	1 3/16	0,84	1 7/8	0,62
D	1 1/4	4 5/8	7/16	2 1/2	2 5/16	1,66	2 1/4	1,38
E	20	27 1/2	1 11/15	23	22	20	5 11/16	19,25
F	1 1/4	4 5/8	2/3	2 1/2	2 5/16	1,66	2 1/4	1,38
G	3/4	3 7/8	1/2	1 11/16	1 1/2	1,05	1 1/16	0,82

E. Perancangan Coil Pemanas

Dasar Perancangan

tipe coil	=	helix		
kebutuhan steam	=	6.062,7301 kcal/jam	=	12,0038 kg/jam
Q	=	24.043,1873 Btu/jam	=	26,4636 lb _m /jam
λ steam	=	505,0669 kcal/kg		
p operasi	=	14,696 psig		
t bahan masuk	=	50 °C = 122 °F		
t bahan keluar	=	60 °C = 140 °F		
T steam	=	150 °C = 302 °F		
T steam keluar	=	135 °C = 275 °F		

Menentukan suhu caloric dan ΔT_{LMTD}

$$T_C = 0,5 (T_1 + T_2) = 288,5 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$t_C = 0,5 (t_1 + t_2) = 131 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\Delta t_1 = 153 \text{ } ^\circ\text{F} \quad \Delta t_2 = 162 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} = 157,46 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Ukuran pipa yang digunakan (Kern, Hal. 844)

$$\begin{aligned} \text{NPS} &= 1/2 \text{ in} = 0,0417 \text{ ft} & a'' &= 0,22 \text{ ft}^2/\text{ft} \\ \text{Do} &= 0,84 \text{ in} = 0,0700 \text{ ft} \\ \text{Di} &= 0,622 \text{ in} = 0,0518 \text{ ft} \\ \text{A}_{ap} &= 0,304 \text{ in}^2 = 0,0021 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

hio steam = 1500 Btu/h.ft².°F

$$\mu \text{ steam} = 0,024 \text{ (Kern, Hal. 825)}$$

$$G_p = \frac{\text{Massa steam}}{A} = 12.535,3954 \text{ lb/jam. ft}^2$$

$$N_{Re} = \frac{D_i \times G_p}{\mu \times 2,42} = 11.187,1786 \text{ (turbulen)}$$

$$k = 0,3 \text{ (Kusnaryo, Hal. 99)}$$

$$J_H = 20$$

$$h_o = J_H \cdot \frac{k}{D_i} \cdot \left(\frac{C_p \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu \cdot W} \right)^{0,14} = 85,7143 \text{ Btu/h.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

Tahanan panas pada pipa dalam keadaan bersih

$$U_c = \frac{h_{i_o} \times h_o}{h_{i_o} + h_o} = 81,0811 \text{ Btu/h.ft}^2.\text{°F}$$

Tahanan panas pada pipa dalam keadaan kotor

$$R_d = \frac{U_c - U_d}{U_c \times U_d} = 0,003, \text{ maka } U_d = 65,2174 \text{ Btu/h.ft}^2.\text{°F}$$

panjang coil

$$A = \frac{Q}{U_d \times \Delta T_{LMTD}} \text{ ft}^2 = 2,3413 \text{ ft}^2$$

$$L = A/a'' = 10,6425 \text{ ft}$$

Jumlah lilitan coil dan tinggi coil

syarat diameter coil (helix) adalah $D \text{ pengaduk} < D \text{ coil} < D \text{ bejana}$

$$= 1,6375 \text{ ft} < D \text{ coil} < 5,4583 \text{ ft}$$

$$D \text{ coil} = 2,0000 \text{ ft} = 24,0000 \text{ in}$$

$$N_c = \frac{L}{(\pi \times D \text{ coil})} = 1,6947 \approx 2 \text{ lilitan}$$

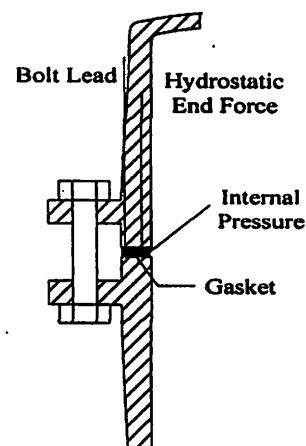
$$L_c = [(n_c - 1)(n_c + D_o) + D_o] = 0,5567 \text{ ft} = 6,68 \text{ in}$$

karena $L_c = 6,68 \text{ in} < L_{LS} = 75,7311 \text{ in}$, jadi perhitungan coil pemanas memadai

F. Sambungan Tutup (Head) dengan Dinding Reaktor

Bagian tutup reaktor dan bagian shell dihubungkan secara flange dan bolting untuk mempermudah perbaikan dan perawatan reaktor.

disain tekanan	:	14,696 psi
disain temperatur	:	70 °C
Flange material	:	ASTM A-201, grade B
Bolting material	:	ASTM A-193, grade B-7
Gasket material	:	asbestos
Do shell	:	66 in
Di Shell	:	65,5000 in
t_s	:	1/4 in
Allowable stress (Bolting)	:	20.000
Allowable stress (flange)	:	15.000
Flange type	:	Loose type flange



Detail Gasket dan Bolt

a. Perhitungan Gasket

$$d_o/d_i = \sqrt{\frac{y - p \cdot m}{y - p(m+1)}}$$

asumsi tebal gasket 1/16 in, dan dari fig. 12.11 diperoleh

$y = 3.700$ dan $m = 2,75$, sehingga

$$d_o/d_i = 1,002$$

asumsi $d_i = D_o = 66$ in, maka $d_o = 66,1329$ in

dan minimum gasket adalah = 0,0665 in \approx 1/16 in

diameter rata-rata gasket (b_o) = 66,066 \approx 48,25 in

b. Perhitungan tebal flange

$$t = \sqrt{\frac{Y \times M}{f \times B}} \text{ dan } k = A/B$$

$$k = 1,1686$$

dari Brownell, fig. 12.22 hal. 238

$$Y = 10,1 \quad M = 37.668,4911 \text{ in-lb}$$

$$t = 0,6199 \text{ in}$$

c. Jumlah dan ukuran Baut (Bolting)

$$\begin{aligned} \text{beban gasket agar tidak bocor} &= Wm_2 = Hy = b G y \pi \\ &= 35.035,5313 \text{ lb} \end{aligned}$$

Brownell & Young, pers. 12.90 hal. 240

$$\begin{aligned} \text{beban baut agar tidak bocor} &= Hp = 2 \cdot \pi \cdot b \cdot G \cdot m \cdot p \\ &= 765,3654 \text{ lb} \end{aligned}$$

Brownell & Young, persamaan 12.89 hal. 240

$$\text{beban tekanan dalam} = H = \pi/4 \cdot G^2 \cdot p = 26.857,3671 \text{ lb}$$

$$\begin{aligned} \text{total beban pada kondisi operasi} \quad Wm_1 &= H = H + Hp \\ &= 27.622,7325 \text{ lb} \end{aligned}$$

dapat dilihat $Wm_2 > Wm_1$, sehingga dapat disimpulkan bahwa beban kerja yang digunakan dalam proses adalah Wm_2

$$\# \text{ Luas minimum bolting area } Am_2 = Wm_2/f_a = 2,3357 \text{ in}^2$$

Jumlah Bolting optimum

$$\begin{aligned} \text{Brownell \& Young, tabel 10.4 hal. 188} \quad \text{bolt size} &= 7/8 \text{ in} \\ \text{root area} &= 0,419 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah bolting} = Am_2/\text{root area} = 5,5745 \approx 6 \text{ buah}$$

Brownell & Young, persamaan 12.89 hal. 240, diperoleh

$$\text{Bolt spacing distance preference (B}_s) : 2 \frac{1}{16} \text{ in}$$

$$\text{Minimum radial distance (R)} : 1 \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$\text{Edge distance (E)} : 15/16 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Bolting circle diameter (C)} &= D_i \text{ shell} + 2(14,5 \cdot t_s + R) \\ &= 75 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\text{diameter luar flange OD} = C + 2E = 77,125 \text{ in}$$

$$\text{check lebar gasket } A_b \text{ actual} = \text{jumlah bolt} \times \text{root area} = 2,514 \text{ in}$$

$$\text{lebar gasket minimum (L)} = A_b \text{ actual} \times \frac{f}{2 \times \pi \times y \times g}$$

$$= 0,0336 \text{ in}$$

karena $L < 7/8 \text{ in}$ maka perhitungan bolt optimum memadai.

d. Perhitungan moment

Total moment pada kondisi operasi :

$$M_o = M_D + M_G + M_T$$

Dari Brownell & Young, persamaan 12.94 hal 242, untuk keadaan bolting up (tanpa tekanan uap dalam) : (Brownell and Young, 1959)

$$W = \left(\frac{A_m + A_b}{2} \right) f_a = 48.497,0208 \text{ lb}$$

Jarak Radial dari beban gasket yang bereaksi terhadap bolt circle

Dari Brownell & Young, persamaan 12.101 hal 242 :

$$h_G = \frac{C - G}{2} = 13,5 \text{ in}$$

Momen Flange (M_a) , dari Brownell & Young, hal 243 :

$$M_a = W \times h_G = 654.709,7813 \text{ lb. In}$$

Dalam Kondisi operasi :

$$W = W_{m1} = 27.622,7325 \text{ lb}$$

Menghitung momen M_D

$$M_D = H_D \times h_D = 232.417,2767 \text{ lb. In}$$

Tekanan Hidrostatik pada daerah flange (H_D)

$$H_D = 0,785 \times B^2 \times p = 50.252,3842 \text{ lb}$$

$$\text{Jarak jari-jari dari bolt circle pada } H_D (h_D) = \frac{C - B}{2} = 4,625 \text{ in}$$

Menghitung komponen moment ke M_G

$$M_G = H_G \times h_G = 10.332,4327 \text{ in. lb}$$

Perbedaan antara beban baut flange dengan gaya hidrostatik total :

$$H_G = W - H = W_{m1} - H = 765,3654 \text{ lb}$$

Menghitung komponen moment ke M_T

Dari Brownell & Young, hal 244

$$M_T = H_T \times h_T = -205.081,2183 \text{ lb-in}$$

Perbedaan antara hidrostatik total dengan gaya hidrostatik dalam area flange (H_T)

$$H_T = H - H_D = -22.629,6517 \text{ lb}$$

$$h_T = \frac{h_D + h_G}{2} = 9,0625 \text{ in}$$

Moment total pada keadaan operasi (M_o)

$$M_o = M_D + M_G + M_T = 37.668,4911 \cdot \text{lb-in}$$

Kesimpulan perancangan :

1. Gasket

- Bahan Konstruksi = *asbestos*
- Gasket faktor = 2,75
- Min design seating stress (y) = 3700 psia
- Lebar gasket = 1/16 in

2. Bolthing

- Bahan Kontruksi = ASTM A-193, grade B-7
- Allowable stress (f) = 20.000 lb/in²
- Ukuran baut = 7/8 in
- Jumlah baut = 6 buah
- Bolt spacing minimum (B_s) = 2 1/16 in
- Min. Radial distance (R) = 1 1/4 in
- Edge distange (E) = 15/16 in

3. Flange pada tangki

- Bahan Kontruksi = ASTM A-201, grade B
- Allowable stress (f) = 15.000 lb/in²
- Type Flange = *Ring flange loose type*
- Tebal Flange = 0,6199 in = 0,0157 m

G. Perancangan Sistem Penyangga Reaktor dan Decanter

Dari perancangan silinder reaktor diketahui data sebagai berikut :

- Bahan konstruksi = *LAS SA-302 grade A*
- Tebal silinder (ts) = 1/4 in = 0,0208 ft
- Diameter dalam Silinder (Di) = 65,5000 in = 5,4583 ft
- Diameter luar Silinder (Do) = 66 in = 5,5 ft
- Tekanan Internal tangki (Pi) = 14,696 psig
- Tinggi badan Silinder = 142,8706 in = 11,9059 ft
- Stress yang diijinkan (f) = 18750 lb/in²
- Faktor korosi yang dipakai (C) = 1/16 in

a. Menentukan berat tangki kosong

Bahan konstruksi yang dipakai untuk membuat reaktor termasuk steel, densitasnya dapat dilihat pada tabel 2-118 (Perry 7th,1997), yaitu :

$$\rho = \text{densitas bahan konstruksi} = 481 \text{ lb/ft}^3$$

$$W_s = \pi/4 (D_o^2 - D_i^2) H \cdot \rho = 2052,6251 \text{ lb} = 931,05021 \text{ kg}$$

b. Menentukan berat tutup atas reaktor

Tutup atas berbentuk *standard dished* $t_{ha} = 1/4 \text{ in} = 0,0002 \text{ ft}$

$$V_{\text{tutup dalam atas}} = 0,0847 \times D_i^3 = 13,7741 \text{ ft}^3$$

$$V_{\text{tutup atas luar}} = 0,0847 \times (D_i + t_{ha})^3 = 13,7757 \text{ ft}^3$$

$$V_{\text{dinding tutup atas}} = V_{\text{tutup atas luar}} - V_{\text{tutup dalam atas}} = 0,0016 \text{ ft}^3$$

$$W_{\text{tutup atas}} = V_{\text{dinding tutup atas}} \times \rho_{\text{steel}} = 0,751 \text{ lb} \\ = 0,341 \text{ kg}$$

c. Menentukan berat tutup bawah reaktor

Tutup atas berbentuk *conical* $t_{hb} = 1/4 \text{ in} = 0,02 \text{ ft}$

$$\tan(0,5\alpha) = 1,7321$$

$$V_{\text{tutup dalam bawah}} = \frac{\pi}{24} \times \frac{D_r^3}{\tan 1/2 \alpha} = 12,2839 \text{ ft}^3$$

$$V_{\text{tutup bawah luar}} = \frac{\pi}{24} \times \frac{(D_i + t_{ha})^3}{\tan 1/2 \alpha} = 12,4251 \text{ ft}^3$$

$$V_{\text{dinding tutup bawah}} = (V_{\text{tutup bawah luar}} - V_{\text{tutup dalam bawah}}) \times 2 \\ = 0,2824 \text{ ft}^3$$

$$W_{\text{tutup bawah}} = V_{\text{dinding tutup bawah}} \times \rho_{\text{steel}} = 135,8281 \text{ lb} \\ = 61,6103 \text{ kg}$$

$$W_{\text{larutan}} = 5.077,6475 \text{ kg} = 11.194,1816 \text{ lb}$$

d. Menentukan berat poros pengaduk

Dari perhitungan dimensi poros pengaduk diperoleh data :

- Panjang poros pengaduk (L) = 67,3354 in = 5,6113 ft
- Diameter poros pengaduk (D) = 1,1695 in = 0,0975 ft

$$W_{\text{poros pengaduk}} = \frac{\pi}{24} \times D_{ps}^2 \times L_{ps} \times \rho = 1.932,07 \text{ lb}$$

e. Menentukan Berat Pengaduk

Dari perhitungan dimensi pengaduk diperoleh :

- Diameter Pengaduk (Da) = 19,6500 in = 1,6375 ft
- Panjang pengaduk (L) = 4,9125 in = 0,4094 ft
- Lebar Pengaduk (W) = 3,9300 in = 0,3275 ft
- jumlah blade = 6

$$W_{\text{pengaduk}} = n \times D_a \times L \times W \times \rho = 633,59283$$

f. Menentukan Berat Coil

Dari perhitungan dimensi jaket diperoleh :

- Diameter dalam coil (d_{ip}) = 1,38 in = 0,1150 ft
- Diameter luar coil (d_{op}) = 1,66 in = 0,1383 ft
- pankajng coil (T_j) = 6,68 in = 0,5567 ft

$$W_{\text{coil}} = \frac{\pi}{4} \times d_{op}^2 - d_{ip}^2 \times T_j \times \rho = 1,2425 \text{ lb}$$

$$= 0,5636 \text{ kg}$$

$$W_{\text{steam}} = 26,4636 \text{ lb} = 12,004 \text{ kg}$$

g. Menghitung Berat perlengkapan lainnya (Attachment)

Berat attachment merupakan berat dari seluruh perlengkapan seperti Nozzle, flange, baut dan sebagainya dimana dari Brownell & Young 1959, halaman 157 diperoleh :

$$W_a = 18\% \times W_s = 369,4725 \text{ lb} = 167,58904 \text{ kg}$$

Dimana :

$$W_a = \text{berat attachment, lb}$$

$$W_s = \text{berat shell reaktor}$$

$$\text{maka berat total reaktor } W_T = 15.712,64 \text{ lb} = 7.127,0946 \text{ kg}$$

$$\text{untuk faktor keamanan berat reaktor dinaikkan } 20\% = 18.855,1633 \text{ lb}$$

h. Perancangan leg support (penyangga)

Beban tiap kali kompresi dari Brownell & Young, persamaan 10.76 hal 197 adalah

$$P = \frac{4 \times p_w \times (H-L)}{n \times D_{bc}} + \frac{\Sigma W}{n}$$

Dimana :

- P = gaya yang bekerja pada 1 leg
- p_w = total beban permukaan karena angin
- H = tinggi reaktor dari batas base plate
- L = jarak antara vessel dengan base plate
- D_{bc} = diameter bolt circle
- n = jumlah penyangga
- ΣW = berat total reaktor
- P = beban kompresi total maksimum untuk tiap leg

Reaktor dirancang nantinya akan diletakkan dalam bangunan sehingga tidak dipengaruhi dengan adanya tekanan angin (beban tekanan angin tidak dikontrol)

Maka berlaku : $p_w = 0$

Untuk penahan dipilih jenis I-beam yang berjumlah 4 buah sehingga gaya yang bekerja pada 1 leg adalah :

$$P = \frac{\Sigma W}{n} = 4.713,791 \text{ lb}$$

Untuk mendapatkan ukuran I-beam didasarkan pada ukuran standard pada Appendix G Brownell & Young halaman 355 yaitu :

Trial ukuran I-beam 3" ukuran 3 x 2 3/8 dengan pemasangan memakai beban eksentrik terhadap sumbu, didapatkan :

- Nominal size = 3 in
- Berat = 5,7 lb
- Area of section (A_y) = 1,64 in²
- Dept of beam (h) = 3 in
- Widht of flange (b) = 2,33 in
- Axis (r) = 1,23 in
- I_{1-1} = 2,5 in⁴

Menghitung tinggi total reaktor (H)

Jarak antara base plate dengan badan silinder (L) diambil untuk nilai optimumnya, yaitu : 5 ft

$$\text{Tinggi Reaktor} = 11,9059 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga tinggi total reaktor (H)} &= 11,9059 + 5 \\ &= 16,9059 \text{ ft} \end{aligned}$$

Menghitung panjang leg (l)

$$l = 0,5 H + 2,5 \text{ ft} = 10,9529 \text{ ft} = 131,4353 \text{ in}$$

Menentukan bearing capacity (fc)

$$\frac{l}{r} = \frac{131,4353}{1,23} = 106,8580 \text{ in}$$

Karena l/r antara 0-120 maka $f_c = 15000 \text{ psi}$ (B & Y. 1959)

$$\begin{aligned} f_{c \text{ aman}} &= f_c - f_{c \text{ eksentrik}} \\ &= f_c - \frac{p(a+0,5b)}{I_{1-1}/0,5b} = 9.145,9903 \text{ psi} \end{aligned}$$

Luas (A) yang dibutuhkan

$$A = \frac{p}{f_{c \text{ aman}}} = \frac{4713,7908 \text{ lb}}{9145,9903 \text{ lb/in}^2} = 0,5154 < A_y$$

$$\% \text{ beda} = \frac{1,64 - 0,5154}{1,64} \times 100\% = 68,5735\%$$

i. Perancangan base plate

Pada hal 163 Hesse, 1945 base plate dibuat dengan toleransi panjang adalah 5% dan toleransi lebar adalah 20% (Hesse, 1945)

Material base plate = Beton

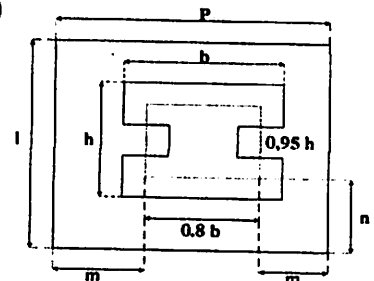
Ketahanan bearing base plate terhadap stress (f_c) = 600 lb/in²

Kedalam beam (h) = 3 in

Lebar flange (b) = 2,33 in

Menghitung luas penampang base plate (A_{bp})

$$\begin{aligned} A_{bp} &= \frac{P}{f_c} \\ &= 7,8563 \text{ in}^2 \end{aligned}$$



Sketsa Base Plate

Menghitung panjang dan lebar base plate

$$A_{bp} = p \times l$$

Dimana :

$$A_{bp} = \text{luas base plate, in}^2 = 7,8563 \text{ in}^2$$

$$p = \text{panjang base plate, in} = 2m + 0,95h \quad (\text{Hesse, 1984})$$

$$l = \text{lebar base plate, in} = 2n + 0,8b \quad (\text{Hesse, 1984})$$

Diasumsikan $m = n$ (Hasse, hal 163) Maka :

$$\begin{aligned} A_{bp} &= \left| 2m + 0,95h \right| \times \left| 2n + 0,8b \right| \\ 7,8563 &= \left| 2m + 0,95 \cdot 3 \right| \times \left| 2n + 0,8 \cdot 2,33 \right| \\ &= \left| 2m + 2,85 \right| \times \left| 2m + 1,864 \right| \\ 7,8563 &= 4m^2 + 9,4280m + 5,3124 \\ 2,5439 &= 4m^2 + 9,4280m \sim m = 1,0938 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang base plate (p)} = \left| 2m + 0,95h \right| = 5,0376 \text{ in}$$

$$\text{Lebar base plate (l)} = \left| 2n + 0,8b \right| = 4,0516 \text{ in}$$

Karena nilai $p > l$, sehingga nilai p dijadikan sebagai acuan supaya

$$A_{bp} \text{ baru} > A_{bp}$$

Menghitung luas penampang base plate baru (A_{bp} baru)

$$A_{bp} \text{ baru} = p \times l = 20,4101 \text{ in}^2$$

Menghitung harga m dan n baru m atau n dipakai adalah m atau n yang memiliki nilai yang terbesar

$$\text{Panjang base plate (p)} = \left| 2m + 0,95h \right| \quad m = 1,0938 \text{ in}$$

$$\text{Lebar base plate (l)} = \left| 2n + 0,8b \right| \quad n = 1,0938 \text{ in}$$

Karena nilai $n > m$, sehingga nilai n dijadikan sebagai acuan# Menghitung stress yang harus ditahan oleh *bearing* (fc')

$$fc' = \frac{P}{A_{bp} \text{ baru}} = 230,9541 \text{ lb/in}^2 < 600 \text{ lb/in}^2$$

Karena $fc' < fc$ maka dimensi base plate sudah memenuhi

Menghitung tebal base plate

Dari Hasse, 1945, halaman 163 didapatkan persamaan :

$$t_{hp} = \sqrt{0,00015 \times P_{act} \times n^2} = 0,2036 \text{ in}$$

Dimana :

$$t = \text{tebal base plate, in}$$

$$P = \text{aktual unit pressure yang terjadi pada base plate}$$

$$= fc' = 230,9541 \text{ psi}$$

Menghitung dimensi baut dari base plate

$$\text{Gaya yang bekerja pada 1 leg (P)} = 4713,7908 \text{ lb}$$

$$\text{Jumlah baut pada tiap leg} = 4 \text{ buah}$$

Beban tiap baut :

$$P_{\text{baut}} = \frac{P}{n_{\text{baut}}} = 1.178,4477 \text{ lb}$$

Bahan Baut : *High alloy steel SA-193 grade B8t type 321*

$$\text{Max. Allowable stress (f)} = 15000 \text{ lb/in}^2$$

$$A_{\text{baut}} = \frac{P_{\text{baut}}}{f_{\text{baut}}} = 0,0786 \text{ in}^2$$

$$A_{\text{baut}} = \frac{1}{4} \pi \times d_{\text{baut}}^2$$

$$d = 0,3164 \text{ in}$$

Standarisasi diameter baut dari Bronell & Young, tabel 10.4 hal 188

- Ukuran baut = 1/2 in
- Root area = 0,126 in²
- Bolt spacing minimum (Bs) = 1 1/4 in
- Minimum radial distance (R) = 13/16 in
- Edge distange (E) = 5/8 in
- Nut dimension = 7/8 in
- Max. Fillet radius = 1/4 in

j. Perancangan Lug dan Gusset

Digunakan 2 buah plat horisontal (untuk lug) dan 2 buah plat vertikal (untuk gusset). Dari Brownell & Young, 1959

Tipe = Double Gusset Plate

Bahan = High alloy steel SA-193 grade B8t type 321

Max Allowable Stress (f) = 15000 psi

Menghitung tebal horizontal plate (t_{hp})

Dari Brownell & Young, 1959, hal 193 didapatkan

$$t_{hp} = \sqrt{\frac{6 \cdot My}{f_{\text{allowable}}}}$$

dimana :

t_{hp} = tebal plate horisontal, in

My = jumlah moment maksimum sepanjang arah radial (in.lb)

Menghitung jumlah moment sepanjang arah radial (M_y)

Dari Brownell & Young, 1959, hal 193 didapatkan

$$M_y = \frac{P}{4\pi} \times (1 + \mu) L n \frac{2,1}{e \cdot \pi} + (1 - \partial_1)$$

Dimana :

M_y = jumlah moment maksimum sepanjang arah radial (in.lb)

P = gaya maksimum yang bekerja pada semua baut di bagian atas

$$lug = 4713,7908 \text{ lb}$$

μ = *Poisson's Ratio* = 0,3 for steel

e = radius = 0,5 Nut Dimension across flats

∂ = Kostanta dari tabel 10.6

l = panjang lug

Menentukan gusset spacing (b')

$$\text{Lebar flange (b)} = 2,330 \text{ in}$$

$$\text{Diameter baut (d}_{\text{baut}}) = 1/2 \text{ in}$$

$$b' = b + | 2 \times d_{\text{baut}} | = 3,3300 \text{ in}$$

Menentukan panjang lug (l) dengan konstanta ∂_1

Untuk perancangan lug dengan disertai beban maka nilai dari panjang lug adalah :

$$l = b_{l\text{-beam}} = \text{lebar flange} = 2,330 \text{ in}$$

$$\frac{b'}{l} = \frac{b}{2,330} = 1,4292 \quad \partial_1 = 0,2110 \quad (\text{Brownell. 1959, hal 192})$$

$$e = 0,4375$$

$$\text{Sehingga, } M_y = 207,8472 \text{ lb.in}$$

Kemudian tebal horizontal plate (t_{hp}) dapat dihitung : $t_{hp} = 0,0416 \text{ in}$

Menghitung tinggi gusset (hg) dan tebal Gusset (tg)

$$hg = A + \text{ukuran baut} = 10 \text{ in}$$

$$A = 9 \frac{1}{2}$$

Dari Brownell & Young, 1959, persamaan 10,47 hal 194 didapatkan :

$$tg = \frac{3}{8} t_{hp} = 0,0156 \text{ in}$$

Menghitung tinggi lug (h)

$$h = hg + 2 \cdot t_{hp} = 10,083 \text{ in}$$

Kesimpulan perancangan lug dan gusset :

1. Lug

- Lebar = 9,5000 in
- Tebal = 0,0416 in
- Tinggi = 10,0831 in

2. Gusset

- Tebal = 0,016 in
- Tinggi = 10,000 in

H. Perancangan Pondasi Reaktor

Perencanaan :

Beban total yang harus ditahan pondasi :

- Berat reaktor total
- Berat kolom penyangga
- Berat base plate

Ditentukan :

- Masing-masing penyangga diberi pondasi
- Spesifik untuk semua penyangga sama

Dasar perhitungan :

$$\text{Beban tiap kolom (W)} \quad W = P = 4.713,7908 \quad \text{lb}$$

a. Menghitung beban base plate (W_{bp})

$$W_{bp} = p \times l \times t \times \rho = 1,1566 \text{ lb}$$

Dimana :

- p = panjang base plate = 0,4198 ft
- l = lebar base plate = 0,3376 ft
- t = tebal base plate = 0,0170 ft
- ρ = densitas bahan konstruksi = 481 lb/ft³ (Perry 7th,1999)

b. Menghitung beban penyangga (W_p)

$$W_p = L \times A \times F \times \rho = 4,6563 \text{ lb}$$

Dimana :

- L = tinggi kolom = 3 in = 0,2500 ft
- A = luas kolom I-beam = 1,64 in² = 0,0114 ft²
- F = faktor koreksi = 3,4

c. Menghitung berat total reaktor dan support

$$W_T = W + W_{bp} + W_p = 4.719,604 \text{ lb}$$

Gaya yang bekerja pada pondasi dianggap hanya ada gaya vertikal dari berat kolom untuk itu luas yang dibutuhkan untuk menahan beban tersebut dapat diambil

- * Luas pondasi atas = $7 \times 7 \text{ in} = 49 \text{ in}^2$
- * Luas pondasi bawah = $10 \times 10 \text{ in} = 100 \text{ in}^2$
- * Tinggi = 15 in
- * Luas pondasi rata-rata (A) = $74,5 \text{ in}^2$
- * Volume pondasi (V) = $1.117,5 \text{ in}^3 = 0,6467 \text{ ft}^3$
- * Bahan konstruksi pondasi semen-batu-pasir (*stanonosand*)
- * Densitas = 137 lb/ft^3 (Perry 7th, 1999)
- * Berat Pondasi (W) = $V \times \rho$
= $88,5936 \text{ lb} = 40,1852 \text{ kg}$

* Menghitung tekanan tanah

Dari Hesse. 1945, halaman 327 pada tabel 12,2 menyatakan bahwa Pondasi didirikan diatas semen sand dan gravel, dengan :

- Save bearing power minimum = 5 ton/ft^2
- Save bearing power maximum = 10 ton/ft^2

Kemampuan tekanan tanah sebesar :

$$P = 10 \text{ ton/ft}^2 = 22046 \text{ lbf/ft}^2$$

Tekanan pada tanah :

$$P = W/A = 62,1612 \text{ lbf/in}^2 = 8.951,2144 \text{ lbf/ft}^2$$

Karena tekanan yang diberikan oleh tanah lebih kecil daripada kemampuan tanah menahan pondasi, maka pondasi dengan ukuran (10 x 10) in luas atas dan (20 x 20) in luas bawah dengan tinggi pondasi 15 in dapat digunakan.

Spesifikasi Reaktor Berpengaduk-Decanter

Fungsi	:	Tempat terjadinya reaksi transesterifikasi antara Waste Palm Oil dengan Metanol menggunakan katalis NaOH, sekaligus tempat terjadinya pemisahan antara fase Biodiesel dan fase gliserol
Tipe	:	Tangki berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas standard dished dan tutup bawah conical dished dengan sudut puncak $120^\circ = \alpha$
Bahan konstruksi	:	High Alloy Steel SA-240 grade M type 316
Allowable stress (f)	:	18.750 psi
Tipe pengelasan	:	Double welding butt joint
faktor korosi (C)	:	1/16 in
Faktor pengelasan (E)	:	0,85
L/D	:	$1,5 = L_s = 1,5 D_T$
Feed	:	$5.077,6475 \text{ kg/jam} = 11.194,1816 \text{ lb/jam}$
Kondisi operasi	:	$60^\circ\text{C} ; 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psia}$
Waktu operasi	:	$30 \text{ menit} = 1/2 \text{ jam}$
Jumlah reaktor	:	1 buah

A. Dimensi Reaktor

Diameter Luar (Do)	=	66 in	=	1,6764 m
Diameter Dalam (Di)	=	65,5000 in	=	1,6637 m
Tinggi silinder (Ls)	=	71,4353 in	=	1,8145 m
Tebal Silinder (ts)	=	1/4 in	=	0,0064 m
Tebal tutup atas (t _{ha})	=	1/4 in	=	0,0064 m
Tebal tutup bawah (t _{hb})	=	1/4 in	=	0,0064 m
Tinggi tutup atas (ha)	=	12,8188 in	=	0,3256 m
Tinggi tutup bawah (hb)	=	18,9082 in	=	0,4803 m
Tinggi Reaktor (H)	=	103,1623 in	=	2,6203 m

B. Pengaduk Reaktor

Tipe	=	six blade dengan four baffles
Diameter impeller (Da)	=	19,6500 in
Tinggi impeller dari dasar tangki (C)	=	21,8312 in
Lebar impeller (W)	=	3,9300 in
Panjang impeller(l)	=	4,9125 in

Jumlah pengaduk (Np)	=	1	buah
Daya (P)	=	23,00	hp
Panjang poros/batang (L)	=	67,3354	in
Diameter poros (D)	=	1,1695	in

C. Dimensi Decanter

Diameter Luar (Do)	=	66	in	=	1,6764	m
Diameter Dalam (Di)	=	65,5000	in	=	1,6637	m
Tinggi silinder (Ls)	=	71,4353	in	=	1,8145	m
Tebal Silinder (ts)	=	1/4	in	=	0,0064	m
Tebal tutup bawah (t _{hb})	=	1/4	in	=	0,0064	m
Tinggi tutup bawah (hb)	=	18,9082	in	=	0,4803	m
Tinggi Reaktor (H)	=	103,1623	in	=	2,6203	m
Waktu mulai memisah	=	0,2500	menit			

D. Nozzle

Brownell, tabel 12.2, hal. 221 diperoleh flange untuk semua nozzle, dipilih flange standard type welding neck dengan dimensi nozzle, sebagai berikut:

Nozzle A. Nozzle untuk memasukkan feed (produk R-140)

Nozzle B. Nozzle pemasukan steam

Nozzle C. Nozzle pengeluaran steam kondesat

Nozzle D. Nozzle untuk pengeluaran produk ke Decanter

Nozzle E. Nozzle manhole

Nozzle F. Nozzle pengeluaran produk (Biodiesel)

Nozzle G. Nozzle untuk pengeluaran produk (Gliserol)

Nozzle	NPS	A	T	R	E	K	L	B
in	in	in	in	in	in	in	in	in
A	1 1/4	4 5/8	11/16	2 1/2	2 5/16	1,66	2 1/4	1,38
B	1/2	3 1/2	7/16	1 3/8	1 3/16	0,84	1 7/8	0,62
C	1/2	3 1/2	7/16	1 3/8	1 3/16	0,84	1 7/8	0,62

D	1 1/4	4 5/8	2/3	2 1/2	2 5/16	1,66	2 1/4	1,38
E	20	27 1/2	1 11/15	23	22	20	5 11/16	19,25
F	1 1/4	4 5/8	2/3	2 1/2	2 5/16	1,66	2 1/4	1,38
G	3/4	3 7/8	1/2	1 11/16	1 1/2	1,05	1 1/16	0,82

E. Coil Pemanas

$$\text{NPS} = 1/2 \text{ in} = 0,0417 \text{ ft}$$

$$\text{Do} = 0,8400 \text{ in} = 0,0700 \text{ ft}$$

$$\text{Di} = 0,6220 \text{ in} = 0,0518 \text{ ft}$$

$$A_{\text{ap}} = 0,3040 \text{ in}^2 = 0,0021 \text{ ft}^2$$

F. Dimensi Gasket, Bolting dan Flange

Gasket

- Bahan Konstruksi = *asbestos*
- Gasket faktor = 2,75
- Min design seating stress (y) = 3700 psia
- Lebar gasket = 1/16 in

Bolthing

- Bahan Kontruksi = ASTM A-193, grade B-7
- Allowable stress (f) = 20.000 lb/in²
- Ukuran baut = 7/8 in
- Jumlah baut = 6 buah
- Bolt spacing minimum (Bs) = 2 1/16 in
- Min. Radial distance (R) = 1 1/4 in
- Edge distange (E) = 15/16 in

Flange pada tangki

- Bahan Kontruksi = ASTM A-201, grade B
- Allowable stress (f) = 15.000 lb/in²
- Type Flange = *Ring flange loose type*
- Tebal Flange = 1,2262 in = 0,0311 m

G. Sistem Penyangga Reaktor**Leg Support**

Berat total reaktor (W_T)	=	15.712,64	lb
Jenis	=	I-beam	
Ukuran	=	$3 \times 2 \frac{3}{8}$	in
Nominal size	=	3	in
Berat	=	5,7	lb
Area of section (A_y)	=	1,64	in ²
Dept of beam (h)	=	3	in
Widht of flange (b)	=	2,33	in
Axis (r)	=	1,23	in
I_{1-1}	=	2,5	in ⁴
Tinggi Penyangga	=	131,4353	in
Jumlah penyangga	=	4	buah

Base Plate

Ukuran baut	=	1/2	in
Root area	=	1/8	in ²
Bolt spacing minimum (B_s)	=	1 1/4	in
Minimum radial distance (R)	=	13/16	in
Edge distange (E)	=	5/8	in
Nut dimension	=	7/8	in
Max. Fillet radius	=	1/4	in

Lug and Gusset**Lug**

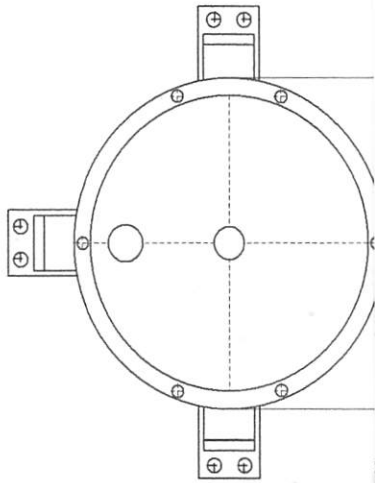
Lebar	=	9,5000	in
Tebal	=	0,0416	in
Tinggi	=	10,0831	in

Gusset

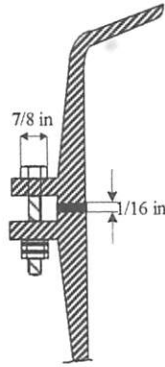
Tebal	=	0,016	in
Tinggi	=	10,000	in

H. Pondasi

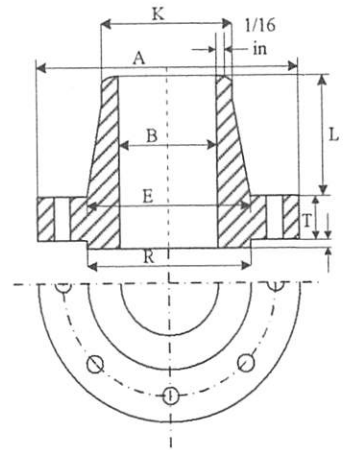
Luas pondasi atas	=	7 x 7	in
Luas pondasi bawah	=	10 x 10	in
Tinggi	=	15	in



TAMPAK ATAS

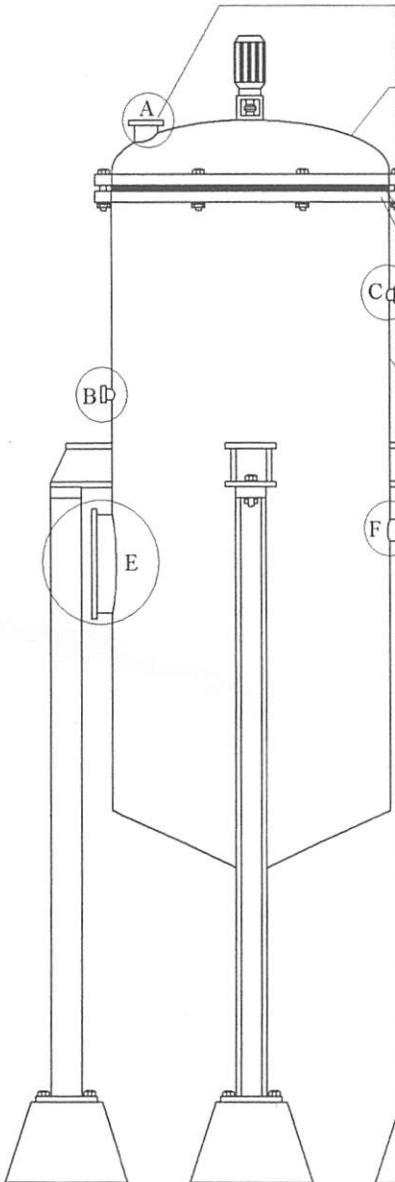


DETAIL FLANGE DAN BAUT



DETAIL NOZZLE

NOZZLE	NPS	A	T	R	E	K	L	B
A	1 1/4	4 5/8	11/16	2 1/2	2 5/16	1,66	2 1/4	1,38
B	1/2	3 1/2	7/16	1 3/8	1 3/16	0,84	1 7/8	0,62
C	1/2	3 1/2	7/16	1 3/8	1 3/16	0,84	1 7/8	0,62
D	1 1/4	4 5/8	7/16	2 1/2	2 5/16	1,66	2 1/4	1,38
E	20	27 1/2	1 11/15	23	22	20	5 11/16	19,25
F	1 1/4	4 5/8	7/16	2 1/2	2 5/16	1,66	2 1/4	1,38
G	3/4	3 7/8	1/2	1 11/16	2 1/2	1,05	1 1/16	0,82



TAMPAK SAMPING

17	PONDASI	CEMENT, SAND AND GRAVEL
16	LEG	CARBON STEEL
15	NOZZLE GLISEROL	LAS SA-302 GRADE A
14	NOZZLE BIODIESEL	LAS SA-302 GRADE A
13	NOZZLE PENGELUARAN	LAS SA-302 GRADE A
12	PENGADUK	LAS SA-302 GRADE A
11	MAN HOLE	LAS SA-302 GRADE A
10	COIL PEMANAS	LAS SA-302 GRADE A
9	LUG AND GUSSET	LAS SA-302 GRADE A
8	SHELL	LAS SA-302 GRADE A
7	NOZZLE STEAM	LAS SA-302 GRADE A
6	POROS/BATANG PENGADUK	HOT-ROLLER STEEL SAE 1040
5	FLANGE	ASTM A-201 GRADE B
4	GASKET	ASBESTOS
3	BAUT	ASTM A-193 GRADE B-7
2	TUTUP ATAS	LAS SA-302 GRADE A
1	NOZZLE FEED	LAS SA-302 GRADE A
NO	KETERANGAN	BAHAN

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA
REAKTOR BERPENGADUK-DECANTER**

DIRANCANG OLEH :

**DISETUJUI OLEH :
DOSEN PEMBIMBING**

MUHAMMAD YAHYA 0814001

JIMMY ST., MT

BAB VII

INTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA

Untuk mendapatkan kualitas dan kuantitas produk sesuai dengan yang diharapkan perlu adanya peralatan atau instrumentasi yang berfungsi sebagai pengontrol jalannya proses. Selain itu perlu adanya peran dari Sumber Daya Manusia yang juga menentukan dalam suatu produksi, dengan adanya faktor-faktor tersebut maka diperlukan bagian yang diperuntukan mengendalikan dan mengontrol serta menjaga keselamatan kerja.

7.1. Instrumentasi

Instrumentasi merupakan bagian yang sangat penting dalam suatu industri. Jenis-jenis instrumentasi ini dapat berupa suatu petunjuk (indikator), perekam (recorder) dan pengontrol (controller). Di industri kimia khususnya banyak variabel-variabel proses yang perlu diukur atau dikontrol keadaan operasinya baik secara otomatis maupun manual. Penggunaan instrumentasi yang otomatis mempunyai tujuan untuk menghasilkan produk yang baik dan kebutuhan tenaga kerja dapat diminimalisasikan. Pada pra rencana pabrik Biodiesel ini, instrument yang digunakan ada yang digunakan secara manual ataupun otomatis tergantung dengan faktor teknis dan faktor ekonomisnya. Dengan adanya instrument ini diharapkan :

- a. Kondisi operasi suatu peralatan tetap terjaga pada kondisi yang aman dan sesuai.
- b. Laju produksi berjalan sesuai dengan batas-batas rencana yang telah dibuat.
- c. Membantu mempermudah pengoperasian alat.
- d. Lebih menjamin keselamatan dan efisiensi kerja serta peralatan sehingga biaya produksi rendah.

(Coulson and richardson's.1994)

Alat-alat instrumentasi dipasang untuk mengendalikan variabel-variabel proses yang dilakukan. Menurut cara kerjanya alat-alat instrument dibagi menjadi :

➤ Alat-alat otomatis

Alat ini merupakan instrument yang digunakan hanya sebagai petunjuk dan pencatat saja.

➤ **Alat-alat manual**

Alat ini merupakan instrument yang secara otomatis digunakan sebagai pengontrol.

Pada Pra Rencana Pabrik Biodiesel dari Waste Palm oil (WPO) ini, instrument yang digunakan adalah :

1. **Level Indikator (LI)**

Instrument ini berfungsi untuk mengetahui ketinggian fluida yang ada dalam tangki storage agar tidak melebihi batas yang telah ditentukan.

2. **Temperatur Controller (TC)**

Instrument ini berfungsi untuk mengatur temperatur agar beroperasi pada temperatur konstan.

3. **Flow Controller (FC)**

Instrument ini berfungsi untuk mengendalikan laju air fluida melalui perpipaan sehingga aliran yang masuk ke peralatan proses tetap konstan.

4. **Pressure Controller (PC)**

Instrument ini dipasang pada peralatan untuk mengatur tekanan agar beroperasi pada tekanan konstan.

5. **Weight Controller (WC)**

Instrument ini dipasang pada peralatan untuk mengatur jumlah bahan padat yang harus ditambahkan pada suatu alat proses.

(Coulson and richardson's.1994)

Pemasangan alat kontrol pada pada masing-masing peralatan proses terlihat pada tabel 7.1.

Tabel 7.1. Pemasangan alat kontrol pada Pra Rencana Pabrik Biodiesel

No.	Nama Alat	Kode Alat	Kode Instrument
1.	Storage WPO	F-111	LI,FC
2.	Storage Metanol	F-112	LI,FC
3.	Storage Asam sulfat	F-113	LI,FC
4.	Mixer	M-116	FC
5.	Reaktor esterifikasi	R-110	TC,FC
6.	Flashdrum	F-121	FC

7.	Tangki penetralan	M-120	TC,FC,WC
8.	Mixer	M-133	WC,FC
9.	Reaktor pengaduk I	R-136	TC,FC
10.	Reaktor pengaduk II	R-144	TC,FC
11.	Flashdrum	F-151	FC
12.	Flashdrum	F-160	FC
13.	Storage Biodiesel	F-159	LI
14.	Storage Gliserol	F-165	LI
15.	Storage CaSO ₄	F-126	LI

7.2. Keselamatan Kerja

Keselamatan kerja merupakan faktor yang perlu mendapatkan perhatian, sebab mengabaikan keselamatan kerja dapat mengakibatkan hal-hal yang tidak diinginkan. Baik terhadap karyawan maupun peralatan yang digunakan. Keselamatan kerja yang terjamin secara psikologis dapat membuat para pekerja yang terlibat didalamnya merasa aman dan tenang serta lebih berkonsentrasi pada pekerjaan yang ditangani. Dengan demikian secara tidak langsung dalam pra rencana pabrik Biodiesel ini, memanfaatkan sumber daya manusia guna tercapainya tujuan yang diharapkan. Usaha pemeliharaan keselamatan kerja dan keamanan pabrik semata-mata ditujukan kepada karyawan atau tenaga kerja saja, tetapi juga terhadap peralatan yang ada. Keselamatan kerja umumnya memiliki tujuan diantaranya:

- Memberikan batasan terhadap efisiensi kerja alat. Kerusakan alat dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja.
- Mengidentifikasi dan menanggulangi suatu bahaya yang terjadi.
- Mengontrol adanya bahaya saat proses dan mengendalikan variabel yang mempengaruhi proses.
- Mengontrol adanya bahaya untuk pengamanan.

(Coulson and richardson's.1994)

Secara umum ada 3 macam bahaya yang biasa terjadi didalam pabrik/industri, yaitu:

1. Bahaya kebakaran
2. Bahaya mekanik
3. Bahaya terhadap kesehatan

7.2.1 Bahaya Kebakaran

Bahaya kebakaran merupakan hal yang sangat membutuhkan perhatian, sehingga diperlukan pengamanan yang sebaik mungkin. Beberapa cara mencegah bahaya kebakaran antara lain:

- Menempatkan alat-alat utilitas yang cukup jauh dari power plant, tetapi praktis dari unit operasi.
- Bangunan seperti workshop, laboratorium, kantor sebaiknya diletakan berdekatan dengan unit operasi.
- Bila terpaksa antara unit yang satu dengan unit yang lain dipisahkan dengan dinding beton agar dapat dihindarkan dari pengaruh kebakaran dari satu unit ke unit lainnya.
- Dinding beton (fireball) sebaiknya dibuat disekitar semua storage tank yang berisi bahan-bahan yang mudah terbakar.
- Pemasangan isolasi pada seluruh kabel-kabel transmisi yang ada.
- Penyediaan alat pemadam kebakaran disetiap bagian pabrik untuk mencegah sementara merembetnya kebakaran menjalar ke bagian yang lain.
- Menyediakan unit operasi pemadam kebakaran yang dilengkapi dengan alat-alat penanggulangan kebakaran yang lengkap.
- Apabila terjadi kebakaran, api harus dilokalisir dan diusahakan dapat diketahui kemungkinan apa saja yang dapat terjadi dan bagaimana cara mengatasinya dan dengan segera menghubungi unit pemadam kebakaran setempat.

7.2.2 Bahaya Mekanik

Bahaya mekanik biasanya disebabkan oleh:

1. Bangunan Pabrik

Bangunan pabrik meliputi gedung maupun unit peralatan, hal-hal yang perlu diperhatikan, antara lain:

- Kontruksi bangunan pabrik mendapatkan perhatian yang cukup tinggi.

2. Ventilasi

Pada ruang proses maupun ruang lainnya, pertukaran udara diusahakan dengan baik sehingga dapat memberikan kesegaran kepada karyawan serta dapat menghindar gangguan terhadap pernafasan. Dengan demikian dapat diharapkan efisiensi kerja meningkat.

3. Alat-alat bergerak

Pada peralatan yang bergerak sebaiknya diberi tempat tertutup (batas) dan diberi jarak yang cukup antara masing-masing peralatan sehingga mempermudah penanganannya dan perbaikannya ditinjau dari segi keamanannya.

4. Perpipaian

Pada perpipaian dalam proses ini yang perlu diperhatikan, antara lain:

- Jalur proses yang terletak diatas permukaan tanah lebih baik daripada yang diletakan dibawah tanah karena hal ini dapat menimbulkan bahaya apabila terjadi kebocoran dan sulit untuk mengetahui letak kebocoran.
- Fire stop dan drain harus dipasang pada jarak yang telah diatur.
- Pengaturan dari perpipaian dan valve penting untuk pengamanan operasi. Bila terjadi kebocoran pada check valve sebaiknya diatasi dengan pemasangan block valve disamping check valve.
- Sebelum pipa-pipa dipasang sebaiknya dilakukan tes hidrostatis yang bertujuan mencegah terjadinya stress yang berlebihan pada bagian-bagian tertentu atau pada bagian pondasi.


7.2.3 Bahaya Terhadap Kesehatan


Para karyawan terutama para operator perlu diberi bimbingan atau pengarahan agar karyawan dapat melaksanakan tugasnya dengan baik dan tidak membahayakan jiwanya maupun orang lain. Dengan disiplin dan kesadaran khususnya operator maka dapat tercipta etos kerja yang tinggi dan aman, sehingga dapat mengurangi kecelakaan kerja bahkan harus diusahakan tanpa adanya kecelakaan kerja. Untuk itu pengetahuan akan bahaya masing-masing alat dan bahan sangatlah penting untuk diketahui oleh semua karyawan. Karyawan diwajibkan menggunakan pelindung diri seperti topi pengaman, sepatu, sarung

tangan dan masker. Adapun penggunaan alat pelindung pra rencana pabrik Biodiesel terdapat pada tabel dibawah ini:

No.	Alat pelindung	Lokasi Penggunaan
1.	Helm	Gudang, bagian proses, storage
2.	Masker	Gudang, bagian proses, storage
3.	Sarung tangan	Gudang, bagian proses, storage
4.	Sepatu safety	Gudang, bagian proses, storage
5.	Isolasi panas	Heater
6.	Jas laboratorium	laboratorium

Tabel 7.2. Identifikasi bahaya dan penanganannya

No.	Bahan Baku	Identifikasi Bahaya	Penanganan
1.	<p>CH₃OH 99%</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dapat menyebabkan iritasi dan meleleh pada kulit dengan ciri-ciri gatal, menjadi merah, meradang dan berasa seperti terbakar. 2. Dapat menyebabkan iritasi pada mata dengan ciri-ciri merah, berair dan berasa gatal. Cairan atau semprotan kabut bisa mengakibatkan bahaya pada jaringan membran mata. 3. Kontaminasi kabut terhadap pernapasan bisa mengakibatkan iritasi pada saluran pernapasan dengan ciri-ciri batuk, berdahak, sesak napas. 	<p>Terkena Mata: Melepaskan kontak lensa dan bilas dengan air yang banyak selama 15 menit. Segera minta bantuan medis.</p> <p>Terkena Kulit: Segera membilas kulit dengan air yang banyak selama 15 menit kemudian melepas pakaian dan sepatu yang terkontaminasi. Pastikan pakaian dan sepatu yang terkontaminasi sudah dalam keadaan bebas bahan kimia sebelum digunakan kembali.</p> <p>Terhirup: Jika terhirup, segeralah berpindah ke tempat udara segar. Jika korban tidak bernapas, segera beri napas buatan. Jika sulit bernapas, segera berikan oksigen. Segera minta bantuan medis. Jika terhirup dalam jumlah banyak, sesegera mungkin pindahkan korban ke tempat yang aman. Longgarkan pakaian korban, seperti baju, ikat pinggang, dasi, dll. Segera minta bantuan medis.</p> <p>Tertelan: Mengusahakan korban yang menelan CH₃OH tidak muntah kecuali dengan pengarahannya dari petugas medis. Jangan memasukkan apapun melalui mulut korban yang tidak sadar. Segera minta bantuan medis.</p> <p>Kebakaran: Untuk api kecil gunakan bubuk kimia dan jika api besar gunakanlah sabun alkohol untuk memadamkan api.</p>
2.	<p>H₂SO₄ 98%</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dapat menyebabkan iritasi dan meleleh pada kulit dengan ciri-ciri gatal, menjadi merah, 	<p>Terkena Mata: Bilas dengan air yang banyak selama 15 menit. Segera minta bantuan medis.</p>

		<p>meradang dan berasa seperti terbakar.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Dapat menyebabkan iritasi pada mata dengan ciri-ciri merah, berair dan berasa gatal. Cairan atau semprotan kabut bisa mengakibatkan bahaya pada jaringan membran mata. 3. Kontaminasi terhadap pernapasan bisa mengakibatkan iritasi pada saluran pernapasan dengan ciri-ciri batuk, berdahak, sesak napas, nyari dada, rasa terbakar, gatal pada hidung, tenggorokan, bersin. Kontaminasi melalui kabut H₂SO₄ yang sering dan berkelanjutan bisa mengakibatkan lapisan enamel pada gigi. 4. Jika tertelan dapat menyebabkan iritasi, nyeri perut, korosi, rasa terbakar di mulut dan kerongkongan dan kematian. 	<p>Terkena Kulit: Bilas kulit yang terkontaminasi dengan air selama 15 menit. Segera minta bantuan medis jika iritasi tidak hilang. Lepaskan pakaian dan sepatu yang terkontaminasi dan pastikan bebas kontaminasi ketika digunakan kembali.</p> <p>Terhirup: Pindahkan korban ke daerah aman (jauh dari sumber) dan pastikan korban tetap bernapas. Jika susah bernapas, berikan oksigen dan jika tidak bernapas berikan CPR (Cardio-Pulmonary-Resuscitation).</p> <p>Tertelan: Mengusahakan korban yang menelan H₂SO₄ tidak muntah kecuali dengan pengarah dari petugas medis. Jangan memasukkan apapun melalui mulut korban yang tidak sadar. Rebahkan korban dengan posisi kepala lebih rendah daripada perut. Segera minta bantuan medis.</p> <p>Kebakaran: tidak terbakar, tetapi asam sulfat bersifat oksidator yang dapat menimbulkan kebakaran jika kontak dengan senyawa organik seperti, gula, selulosa dll.</p>
3.	NaOH	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dapat menyebabkan iritasi dan meleleh pada kulit dengan ciri-ciri gatal, menjadi merah, meradang dan berasa seperti terbakar. 2. Dapat menyebabkan iritasi pada mata dengan ciri-ciri merah, berair dan berasa gatal. Cairan atau semprotan kabut bisa mengakibatkan bahaya pada jaringan membran mata dan dapat merusak kornea mata. 3. Kontaminasi terhadap pernapasan bisa mengakibatkan pneumonitis kimia dan edema 	<p>Terkena Mata: Mencuci mata dengan air mengalir selama 15 menit dan mata dibiarkan terbuka selama pencucian, segera dapatkan perawatan medis.</p> <p>Terkena Kulit: Menyiram kulit dengan air mengalir selama 15 menit dan melepas semua sepatu dan pakaian yang terkena percikan. Bersihkan dengan sabun disinfektan dan oleskan krim anti-bakterial</p> <p>Terhirup: Pergi ke luar untuk menghirup udara</p>

		<p>paru-paru. Menyebabkan iritasi pada saluran pernapasan dengan dengan ciri-ciri batuk, kesulitan bernapas dan ada kemungkinan koma. Menyebabkan luka bakar pada saluran pernapasan.</p> <p>4. Menyebabkan kerusakan parah dan permanen pada saluran pencernaan, seperti mual, muntah, diare dan shock.</p> <p>5. Efek kronis bisa mengakibatkan dermatitis jika kontak kulit berkepanjangan (efek mungkin tertunda).</p>	<p>segar, jika kesulitan bernapas segera beri oksigen, dan jika tidak bernafas beri napas buatan, segera dapatkan perawatan medis</p> <p>Tertelan: Berikan beberapa gelas susu/air, muntah dapat terjadi spontan tetapi jika tidak muntah jangan dibuat muntah. Jangan memberikan apapun melalui mulut kepada orang yang tidak sadar</p> <p>Kebakaran: Semua alat pemadam dapat digunakan.</p>
4.	Magnesol	<p>1. Dapat menyebabkan iritasi pada kulit dengan ciri-ciri gatal, menjadi merah, meradang dan berasa seperti terbakar.</p> <p>2. Dapat menyebabkan iritasi pada mata dengan ciri-ciri merah, berair dan berasa gatal.</p> <p>3. Kontaminasi terhadap pernapasan bisa mengakibatkan pneumonitis kimia dan edema paru-paru. Menyebabkan iritasi pada saluran pernapasan dengan dengan ciri-ciri batuk, kesulitan bernapas dan ada kemungkinan koma. Menyebabkan luka bakar pada saluran pernapasan.</p> <p>4. Menyebabkan kerusakan parah dan permanen pada saluran pencernaan, seperti mual, muntah, diare dan shock.</p>	<p>Tertelan: Jika tertelan, minum air putih untuk membersihkan tenggorokan dan saluran pernafasan. Lalu segera minta pertolongan medis</p> <p>Terkena Kulit: Bilas kulit yang terkena kontaminasi dengan air dan sabun. Segera minta pertolongan medis jika iritasi tidak kunjung hilang</p> <p>Terkena mata: bilas mata dengan air selama 15 menit. Segera hubungi medis jika iritasi mata tidak kunjung mereda</p> <p>Terhirup: Pindahkan korban yang terkontaminasi melalui pernapasan ke daerah aman (jauh dari sumber) dan pastikan korban tetap bernapas. Jika susah bernapas, berikan oksigen</p>

BAB VIII

UTILITAS

Unit utilitas merupakan salah satu bagian yang sangat penting untuk menunjang jalannya proses produksi dalam industri kimia. Unit utilitas yang diperlukan pada Pra Rencana Pabrik Biodiesel ini, antara lain:

- Air yang berfungsi sebagai air pendingin (*cooling water*), air umpan boiler, air sanitasi.
- Steam yang berfungsi sebagai media pemanas dalam proses produksi.
- Listrik yang berfungsi menjalankan alat-alat produksi dan untuk penerangan.
- Bahan bakar untuk mengoperasikan boiler.

Dari kebutuhan unit utilitas yang diperlukan, maka utilitas tersebut dibagi menjadi tiga unit, antara lain:

1. Unit penyediaan air
2. Unit penyediaan steam
3. Unit penyediaan tenaga listrik
4. Unit penyediaan bahan bakar



8.1. Unit Penyediaan Air

8.1.1. Air Pendingin

Air yang berfungsi sebagai pendingin pada proses ini dibutuhkan sebanyak 3.556,3455 kg/jam. Air digunakan sebagai media pendingin dengan alasan sebagai berikut:

- Air merupakan materi yang banyak tersedia
- Mudah dikendalikan dan mudah dalam penggunaannya
- Dapat menyerap panas dengan baik
- Tidak mudah menyusut karena pendinginan
- Tidak mudah terkondensasi

Sebagai media pendingin, air harus memenuhi persyaratan tertentu, yaitu tidak mengandung:

- Hardness, yang memberikan efek pada terbentuknya kerak
- Besi menyebabkan korosi
- Silika menyebabkan kerak
- Minyak menyebabkan menurunnya efisiensi heat transfer yang merupakan makanan mikroba yang dapat menyebabkan terbentuknya endapan.

8.1.2. Air Umpan Boiler

Air umpan boiler merupakan bahan baku yang berfungsi sebagai media pemanas. Kebutuhan steam sebesar 1.033,4969 kg/jam. Air umpan boiler yang disediakan dengan excess 20% sebagai pengganti steam yang hilang yang diperkirakan adanya kebocoran akibat transmisi 20%. Sehingga kebutuhan air umpan boiler sebanyak 351,8094 kg/jam.

Air untuk keperluan ini harus memenuhi syarat-syarat agar air yang digunakan tidak merusak boiler. Syarat-syaratnya antara lain:

- | | |
|------------------|----------------|
| ➤ Tampak | = jernih |
| ➤ Karbondioksida | = sangat kecil |
| ➤ Silika | = 0,02 ppm |
| ➤ Besi | = 0,02 ppm |
| ➤ Tembaga | = 0,5 ppm |
| ➤ Oksigen | = 0,02 mg/L |
| ➤ Kesadahan | = sangat kecil |
| ➤ Minyak | = 0,5 ppm |

(aplikasiteknikkimia.com)

Selain itu memenuhi persyaratan diatas, air umpan boiler harus bebas dari:

- Zat-zat yang menyebabkan korosi, yaitu gas-gas terlarut seperti O_2 , CO_2 , H_2S dan NH_3 .
- Zat-zat yang menyebabkan busa, yaitu zat organik, anorganik dan zat-zat tak larut dalam jumlah yang besar.

Untuk memenuhi persyaratan tersebut dan mencegah kerusakan pada boiler, sebelum digunakan sebagai air umpan boiler harus diolah lagi terlebih dahulu melalui:

- Demineralisasi, untuk menghilangkan ion-ion pengganggu.
- Deaerator, untuk menghilangkan gas-gas terlarut

8.1.3. Air Sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan, laboratorium, taman, dan kebutuhan air lainnya. Air sanitasi yang dibutuhkan sebesar 6.206,3266 kg/jam. Air sanitasi yang dipergunakan harus memenuhi syarat kualitas sebagai berikut:

a. Syarat Fisik

- Berada di bawah suhu udara
- Tidak berwarna
- Tidak berasa
- Tidak berbau
- pH netral
- Tidak berbusa

b. Syarat kimia

- Tidak mengandung logam berat seperti Pb, As, Cr, Cd, Hg
- Tidak mengandung zat-zat kimia beracun

c. Syarat mikrobiologis

Tidak mengandung kuman maupun bakteri, terutama bakteri patogen.

8.2. Unit Penyediaan Steam

Bahan baku pembuatan steam adalah air umpan boiler. Steam yang dibutuhkan dalam proses ini mempunyai kondisi :

- Tekanan = 476 kPa
- Temperatur = 150 °C

Zat-zat yang terkandung dalam umpan boiler yang dapat menyebabkan kerusakan pada boiler adalah:

- Kadar zat terlarut (soluble matter) yang tinggi
- Zat padat terlarut (suspended solid)
- Garam-garam kalsium dan magnesium

- Zat organik (organik matter)
- Silika, sulfat, asam bebas dan oksida

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh air umpan boiler:

a. Tidak boleh membuih (berbusa)

Busa disebabkan oleh adanya solid matter, suspended matter dan kebasaaan yang tinggi. Kesulitan yang dihadapi dengan adanya busa:

- Kesulitan pembacaan tinggi liquida dalam boiler
- Buih dapat menyebabkan percikan yang kuat yang mengakibatkan adanya solid - solid yang menempel sehingga mengakibatkan terjadinya korosi

b. Tidak boleh membentuk kerak dalam boiler

Kerak dalam boiler dapat menyebabkan:

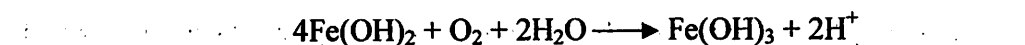
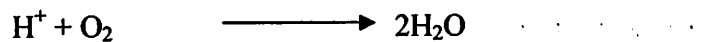
- isolasi terhadap panas sehingga proses perpindahan panas terhambat
- kerak yang terbentuk dapat sewaktu-waktu pecah sehingga dapat menimbulkan kebocoran karena boiler mendapat tekanan yang kuat

d. Tidak boleh menyebabkan korosi pada pipa

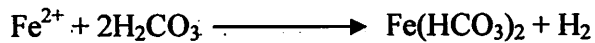
Korosi pada pipa boiler disebabkan oleh keasaman (pH rendah), minyak dan lemak, bikarbonat dan bahan organik, serta gas-gas H₂S, SO₂, NH₃, CO₂, O₂ yang terlarut dalam air. Reaksi elektrokimia antara besi dan air akan membentuk lapisan pelindung anti korosi pada permukaan pipa yaitu:



Tetapi jika terdapat oksigen dalam air, maka lapisan hidrogen yang terbentuk akan bereaksi dengan oksigen membentuk air. Akibat hilangnya lapisan pelindung tersebut terjadilah korosi menurut reaksi:



Adanya bikarbonat dalam air akan membentuk CO₂, karena pemanasan dan adanya tekanan, CO₂ yang terjadi akan bereaksi dengan air membentuk asam karbonat. Asam karbonat tersebut akan bereaksi dengan garam bikarbonat. Dengan adanya pemanasan, garam bikarbonat ini akan membentuk CO₂ lagi.



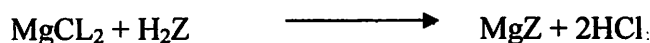
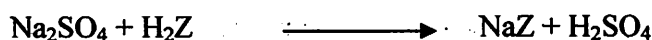
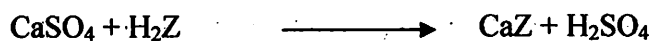
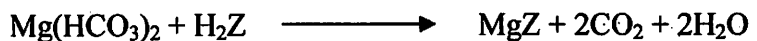
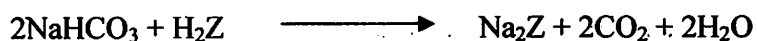
8.3. Unit Pengolahan Air

Air sungai digunakan untuk memenuhi kebutuhan air proses, air sanitasi, air pendingin, dan air umpan boiler. Adapun proses pengolahannya adalah:

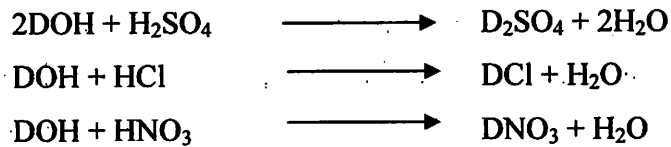
Air dipompa (L-217) menuju bak sedimentasi (F-216) untuk mengendapkan kotoran-kotoran pada air sungai. Setelah itu air dipompa (L-215) menuju bak skimmer (L-214) untuk mengambil kotoran-kotoran yang mengapung dan memisahkan endapannya. Keluar dari bak skimmer air dipompa (L-213) menuju tangki *clarifier* (M-212) untuk ditambah alum sehingga terjadi flokulasi. Air tersebut dipompa (L-211) menuju sand filter (H-210) untuk menghilangkan bau dan warnanya. Dan ditampung pada bak air bersih (F-222). Air pada bak air bersih siap untuk diolah lagi sesuai dengan fungsinya masing-masing yaitu:

a. Pengolahan air umpan boiler

Pelunakan air dilakukan dengan proses pertukaran ion dalam demineralizer yang terdiri dari dua tangki yaitu tangki kation exchanger (D-220A) dan tangki kation exchanger (D-220B). Kation exchanger yang digunakan adalah resin zeolit (Hydrogen exchanger) dan anion exchanger yang digunakan adalah de-acidite (DOH). Air dari bak penampung air bersih akan dialirkan dengan pompa (L-221) menuju tangki kation exchanger sehingga terjadi reaksi :



Ion-ion bikarbonat, sulfat, dan klor akan diikat oleh ion Z membentuk CO_2 dan air, H_2SO_4 , dan HCl . Selanjutnya air ini dialirkan ke tangki anion exchanger untuk menghilangkan anion-anion yang tidak dikehendaki dengan reaksi:



Jadi keluaran dari tangki demineralizer adalah garam-garam kalsium, natrium, dan magnesium terikat oleh ion kation exchanger dalam bentuk CaZ , NaZ , dan MgZ . Sedangkan H_2SO_4 , HCl , HNO_3 akan terikat oleh anion exchanger dalam bentuk D_2SO_4 , DCl , DNO_3 . sehingga setelah keluar dari demineralizer tersebut air telah terbebas dari ion-ion pengganggu. Keluar dari tangki demineralizer air dialirkan pada bak air lunak (F-223). Air lunak ini digunakan sebagai air umpan boiler, yaitu dipompa (L-224A) ke dalam tangki deaerator (D-225) untuk menghilangkan gas-gas impurities pada air umpan boiler dengan pemanasan steam. Setelah itu air dipompa (L-226) kedalam boiler (Q-227) untuk dirubah menjadi steam. Steam yang terbentuk dialirkan ke peralatan, dan kondensat yang dihasilkan direcycle ke dalam bak air lunak.

b. Pengolahan air pendingin

Air dari bak air bersih (F-222) dipompa (L-233) menuju bak air pendingin (F-232). Keluar itu air dipompa menuju peralatan dengan pompa (L-231) dan air sisa pendingin didinginkan kembali pada cooling tower (P-230) dan air tersebut dialirkan kembali ke bak air pendingin sebagai recycle.

c. Pengolahan air sanitasi

Air dari bak air bersih dipompa (L-241) menuju bak klorinasi (F-230) dan ditambahkan desinfektan CL_2 sebanyak 1 ppm. Dari bak klorinasi tersebut dipompa (L-242) dan digunakan sebagai air sanitasi.

d. Air proses

air proses diambil dari bak (F-223) dan kemudian dipompa (L-224B) dan dialirkan sebagai air proses.

8.4. Unit Penyediaan Tenaga Listrik

Kebutuhan listrik disuplai dari PLN dan generator. Kebutuhan listrik pada Pra Rencana Pabrik Biodiesel digunakan untuk:

- keperluan proses dan utilitas
- keperluan penerangan seluruh area pabrik

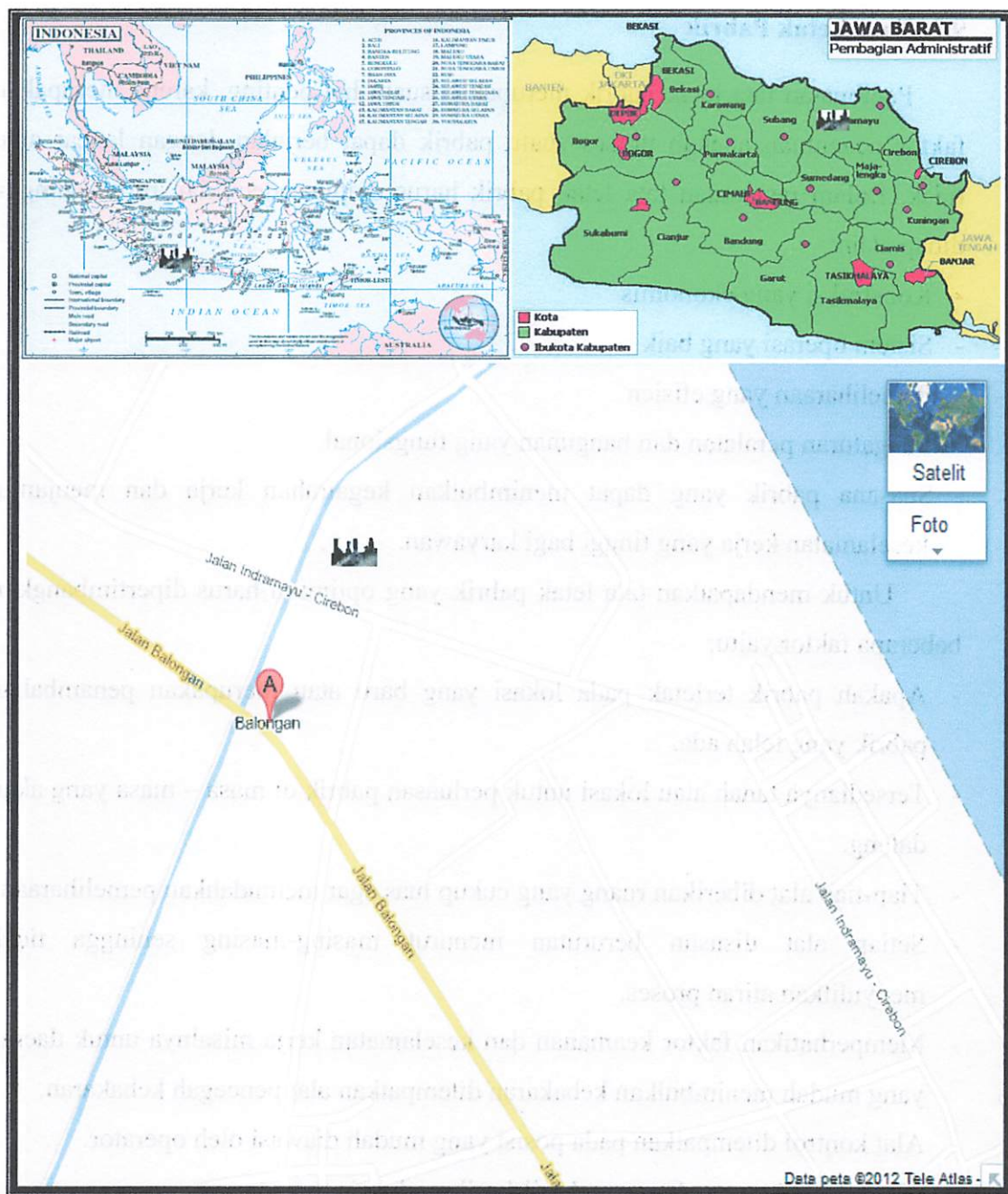
Dari Appendik D, didapatkan daya listrik yang dibutuhkan untuk Pra Rencana Pabrik Biodiesel adalah sebesar 414 KWH yang meliputi:

- proses: 224 kWH
- penerangan: 190 kWH

Kebutuhan listrik tersebut dipenuhi oleh PLN dan pabrik ini memiliki satu buah generator 2000 KVA.

8.5. Unit penyediaan Bahan Bakar

Bahan bakar merupakan bahan padat, cair maupun gas yang dapat bereaksi dengan oksigen secara eksotermal. Bahan bakar yang dipakai dalam Pra Rencana Pabrik Biodiesel adalah biodiesel yang merupakan produk utama pabrik ini.



Gambar 9.2 Peta Lokasi Pabrik Biodiesel

9.3. Tata Letak Pabrik

Pembuatan tata letak pabrik merupakan suatu hal penting, karena merupakan faktor penentuan apakah proses suatu pabrik dapat berjalan dengan lancar atau tidak. Dalam penentuan tata letak pabrik harus diatur sedemikian rupa sehingga didapatkan:

- Konstruksi yang ekonomis
- Sistem operasi yang baik
- Pemeliharaan yang efisien
- Pengaturan peralatan dan bangunan yang fungsional
- Suasana pabrik yang dapat menimbulkan kegairahan kerja dan menjamin keselamatan kerja yang tinggi bagi karyawan.

Untuk mendapatkan tata letak pabrik yang optimum harus dipertimbangkan beberapa faktor yaitu:

- Apakah pabrik terletak pada lokasi yang baru atau merupakan penambahan pabrik yang telah ada.
- Tersedianya tanah atau lokasi untuk perluasan pabrik di masa – masa yang akan datang.
- Tiap-tiap alat diberikan ruang yang cukup luas agar memudahkan pemeliharaan.
- Setiap alat disusun berurutan menurut masing-masing sehingga tidak menyulitkan aliran proses.
- Memperhatikan faktor keamanan dan keselamatan kerja misalnya untuk daerah yang mudah menimbulkan kebakaran ditempatkan alat pencegah kebakaran.
- Alat kontrol ditempatkan pada posisi yang mudah diawasi oleh operator.
- Memperhatikan pembuangan hasil-hasil produksi.

9.3.1 Tata ruang pabrik (master pilot plant)

Dalam master pilot plant ini hanya menunjukkan lokasi dari tiap-tiap unit proses, jalan, dan bangunan dimana lokasi tersebut ditunjukkan dengan petak-petak, dipisahkan satu sama lainnya, sedangkan alat-alat yang tidak ada tidak ditunjukkan.

24	L - 242	POMPA	1
23	L - 241	POMPA	1
22	F - 240	BAK AIR SANITASI	1
21	L - 233	POMPA	1
20	F - 232	BAK AIR PENDINGN	1
19	L - 231	POMPA	1
18	P - 230	COOLING WATER	1
17	Q - 227	BOILER	1
16	L - 226	POMPA	1
15	D - 225	DEMINERALISER	1
14	L - 224	POMPA	1
13	F - 223	BAK AIR LUNAK	1
12	F - 222	BAK AIR BERSIH	1
11	L - 221	POMPA	1
10	D - 220 B	ANION EXCHANGER	1
9	D - 220 A	KATION EXCHANGER	1
8	L - 217	POMPA AIR SUNGAI	1
7	F - 216	BAK SEDIMENTASI	1
6	L - 215	POMPA	1
5	F - 214	SKIMMER	1
4	L - 213	POMPA	1
3	M - 212	CLARIFIER	1
2	L - 211	POMPA	1
1	H - 210	SAND FILTER	1
No.	Kode Alat	Keterangan	Jumlah

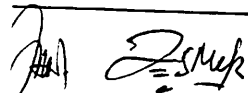
Sungai

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

UNIT PENGOLAHAN AIR

DIRANCANG OLEH:

DOSEN PEMBIMBING:



MUHAMMAD YAHYA
S R U D I

0814001
0814008



JIMMY ST, MT.

BAB IX

LOKASI DAN TATA LETAK PERUSAHAAN

9.1. Lokasi Pabrik

Lokasi suatu pabrik pada dasarnya merupakan salah satu faktor penentu dari keberhasilan pabrik yang akan didirikan. Lokasi suatu pabrik harus dipertimbangkan berdasarkan teknis pengoperasian pabrik serta sudut ekonomisnya dari perusahaan tersebut yang dapat mempengaruhi lancar atau tidaknya produksi. Pada dasarnya daerah pengoperasian suatu pabrik ditentukan oleh 5 faktor utama, sedangkan lokasi yang tepat dari pabrik tersebut ditentukan oleh beberapa faktor khusus.

9.1.1. Faktor Utama

a. Bahan baku

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada bahan baku adalah:

- Letak sumber bahan baku
- Kapasitas sumber bahan baku
- cara memperoleh dan membawanya ke pabrik
- kualitas baha baku yang ada

b. Pemasaran

Hal-hal yang harus diperhatikan mengenai daerah pemasaran:

- Daerah dimaana produk akan dipasarkan
- Daya serap pasar dan prospek yang akan datang
- Pengaruh saingan yang ada
- Jarak daerah pemasaran dan cara mencapai daerah tersebut

c. Tenaga listrik dan bahan bakar

Hal-hal yang harus diperhatikan:

- Kemungkinan pengadaa listrik dan PLN
- Sumber bahan bakar
- Harga listrik dan bahan bakar

d. Sumber air

Air biasanya diperoleh dari beberapa sumber diantaranya:

- Dari sungai
- Dari PDAM
- Dari kawasan industry

jika kebutuha air besar, maka pemakaian air sumber/air sungai lebih ekoomis,hal-hal yang perlu diperhatikan antara lain:

- kemampuan sumber untuk melayani pabrik
- kualitas air yang ada
- pengaruh musim terhadap ketersediaan air
- nilai ekonominya

e. Keadaan geografis dan iklim

Hal-hal yang perlu diperhatikan:

- keadaan alam yang akan mempengaruhi tinggi rendahnya investasi untuk konstruksi bangunan.
- kelembaban dan temperatur udara
- adanya badai, angin topan dan gempa bumi

9.1.2. Faktor Khusus

a. Transportasi

masalah transportasi perlu diperhatikan agar kelancaran suplai bahan baku dan penyaluran produk dapat terjamin dengan biaya serendah mungkin dan dalam waktu singkat. karena itu perlu diperhatikan fasilitas-fasilitas yang ada seperti:

- jalan raya yang dapat dilalui kendaraan yang bermuatan berat
- lokasi pabrik dekat dengan pelabuhan yang memadai

b. Tenaga Kerja

Tenaga kerja tetap dan ahli dapat diperoleh dari daerah sekitarnya karena daerah ini merupakan kota besar di Jawa sehingga tersedia banyak tenaga kerja baik tenaga kerja kasar ataupun tenaga kerja ahli.

c. Undang-undang dan peraturan

Undang-undang dan peraturan yang perlu diperhatikan antara lain:

- ketentuan tentang daerah industri
 - ketentuan tentang penggunaan jalan umum yang ada
 - ketentuan umum lain bagi industri didaerah lokasi pabrik
- d. Perpajakan dan asuransi
- Hal-hal yang harus diperhatikan.:
- macam pajak dan sistem yang berlaku, misalnya pajak kekayaan, pajak penghasilan, pajak persero, dan peraturan yang berhubungan dengan perpajakan.
 - asuransi peralatan, asuransi jiwa, asuransi kecelakaan kerja dan lain-lain.
- e. Karakteristik dan lokasi
- dalam memilih lokasi pabrik maka harus diperhatikan karakteristik sebagai berikut:
- struktur tanah, daya dukung pada pondasi bangunan pabrik dan pengaruh air
 - penyediaan dan fasilitas tanah untuk perluasan.
- f. Faktor lingkungan disekitar pabrik
- hal-hal yang harus diperhatikan antara lain:
- adat istiadat atau kebudayaan daerah lokasi pabrik
 - fasilitas perumahan, sekolah dan tempat ibadah
 - fasilitas kesehatan dan rekreasi
- g. Pembuangan limbah
- hal yang berkaitan dengan usaha pencegahan terhadap pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh buangan pabrik yang berasal dari bahan bakar, minyak pelumas dengan memperhatikan peraturan yang ada.

9.2. Pemilihan Lokasi

Berdasarkan faktor-faktor diatas, maka pabrik biodiesel ini direncanakan didirikan di kabupaten Balongan, Indramayu Jawa Barat.

Pemilihan lokasi ini didasari oleh beberapa faktor yaitu :

1. Letak sumber bahan baku

bahan baku pembuatan biodiesel ini disuplai oleh PT Bumi Rizki bersama dan dikirim lewat pelabuhan. dipilih daerah ini karena dekat dengan pelabuhan milik PT Pertamina Balongan.

2. Sarana pemasaran

produk biodiesel ini rencananya akan dipasarkan ke PT Pertamina Balongan sehingga untuk pemasaran tidak menjadi masalah.

3. Sarana utilitas yang memadai

sarana utilitas meliputi air, bahan bakar, dan listrik. persediaan air merupakan syarat utama pendirian pabrik kimia, kebutuhan air ini diperoleh dari air sungai cimanuk yang merupakan sungai terbesar didaerah Indramayu. Kebutuhan bahan bakar dari pertamina. kebutuhan listrik diperoleh dari PLN dan generator.

4. Terdapatnya sarana pengangkutan

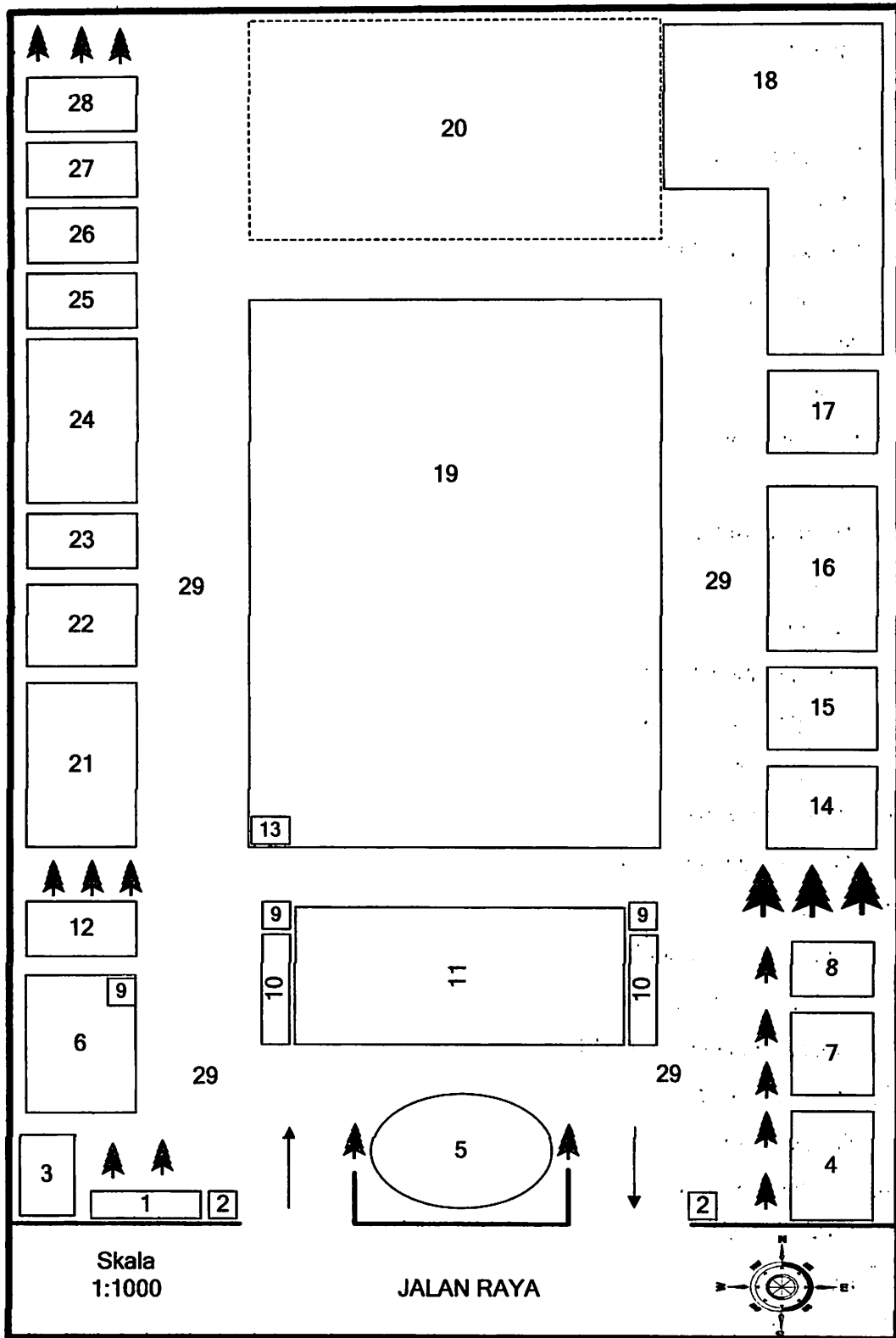
lokasi pabrik ini daerah yang sudah ada sarana transportasi seperti pelabuhan maupun jalan raya sehingga sarana transportasi bahan baku dan produk akan lebih terjamin.

5. Tenaga Kerja

Kebutuhan tenaga kerja baik buruh maupun tenaga ahli dapat diperoleh di daerah ini.

Tabel 9.2 Pemilihan lokasi dengan nilai tertinggi

No	Faktor	Bobot maks	Semarang	Balongan	Gresik
1	Bahan baku	100	70	90	90
2	Pemasaran	100	70	95	80
3	Listrik dan bahan bakar	100	85	95	90
4	Kebutuhan air	100	90	90	90
5	Iklim	100	90	90	90
6	Transportasi	100	85	90	90
7	Tenaga kerja	100	85	85	85
8	Pajak	100	70	70	70
9	Perundangan	100	85	85	80
10	karakteristik tempat	100	80	85	80
		1000	810	875	845



Gambar 9.3 Tata Letak Pabrik :

Keterangan:

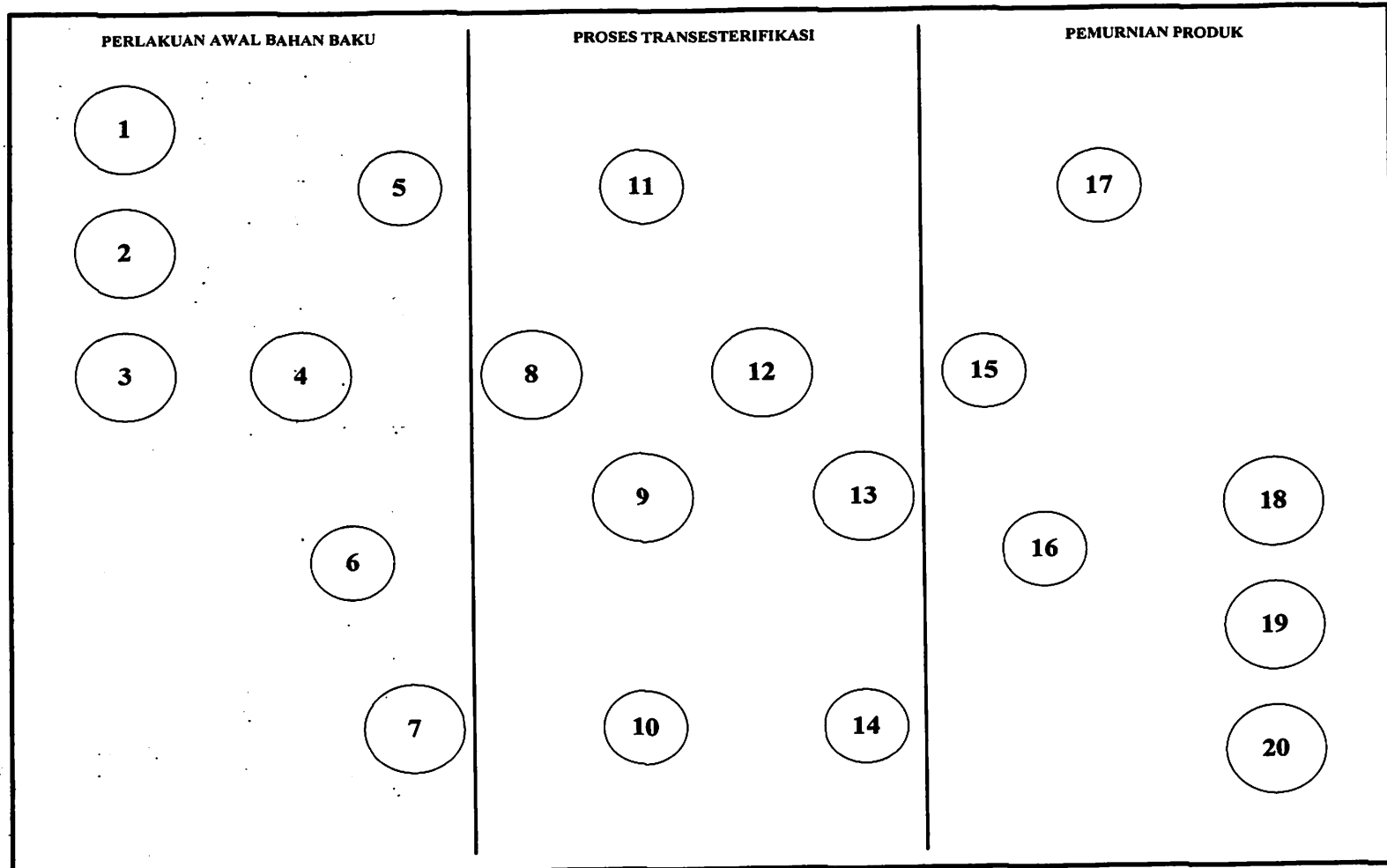
1. Parkir tamu
2. Pos keamanan
3. Mushola
4. Pemadam kebakaran
5. Taman
6. Aula
7. Poliklinik
8. Perpustakaan
9. Toilet
10. Parkir karyawan
11. Perkantoran
12. Kantin
13. Ruang kepala pabrik
14. Storage Asam Sulfat
15. Storage Metanol
16. Storage Gliserol
17. Areal tangki bahan bakar
18. Utilitas
19. Ruang proses produksi
20. Perluasan pabrik
21. Storage bahan baku (WPO)
22. Storage NaOH
23. Storage CaSO_4
24. Storage Biodiesel
25. Laboratorium
26. Bengkel
27. Gudang
28. Pembuangan sampah
29. Halaman dan jalan

9.4. Tata Letak Peralatan

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam penentuan tata letak peralatan dari pabrik Biodiesel ini, adalah :

- Letak ruangan yang cukup antara peralatan yang satu dengan yang lainnya dengan tujuan untuk memudahkan pemeriksaan, pemeriksaan, perawatan serta dapat menjamin keselamatan.
- Diusahakan agar setiap alat tersusun berurutan menurut fungsinya masing-masing, sehingga tidak menyulitkan dalam pengoperasian.
- Diusahakan agar dapat menimbulkan susunan kerja yang menyenangkan.

Tata letak dari peralatan yang ada di Pabrik Biodiesel dapat dilihat pada gambar 9.4



Gambar 9.4. Tata letak peralatan pabrik biodiesel dari waste palm oil

Keterangan:

1. Storage Asam sulfat (F-113)
2. Storage Metanol (F-112)
3. Storage WPO (F-111)
4. Reaktor Esterifikasi (R-110)
5. Mixer (M-116)
6. Flashdrum (F-121)
7. Tangki penetralan (M-120)
8. Reaktor plugflow (R-130)
9. Reaktor pengaduk (R-136)
10. Dekanter I (H-137)
11. Mixer (M-134)
12. Reaktor plugflow (R-140)
13. Reaktor pengaduk (R-144)
14. Dekanter II (H-145)
15. Flashdrum (F-151)
16. Flashdrum (F-160)
17. Magnesol (H-150)
18. Storage biodiesel (F-159)
19. Storage gliserol (F-165)
20. Storage CaSO_4 (F-126)

9.5. Perkiraan Luas Pabrik

Perkiraan luas pabrik Biodiesel ini dapat dilihat secara rinci pada tabel 9.5

Tabel 9.5 Perkiraan Perincian Luas Daerah Pabrik (m²)

No.	Daerah	Banyaknya	Ukuran	Luas (m ²)
1.	Parkir tamu	1	20 x 5	100
2.	Pos keamanan	2	5 x 5	50
3.	Parkir pegawai	2	20 x 5	200
4.	Mushola	1	10 x 15	150
5.	Taman	1	40 x 10	400
6.	Aula	1	20 x 25	500
7.	Poliklinik	1	15 x 15	225
8.	Perkantoran	1	25 x 60	1500
9.	Gudang	1	20 x 10	200
10.	Kantin	1	20 x 10	200
11.	Ruang kepala pabrik	1	7 x 5	35
12.	Toilet	3	5 x 5	75
13.	Bengkel	1	20 x 10	200
14.	Perpustakaan	1	15 x 10	150
15.	Ruang proses	1	75 x 100	7500
16.	Tangki bahan bakar	1	20 x 15	300
17.	Storage NaOH	1	20 x 15	300
18.	Storage methanol	1	20 x 15	300
19.	Storage Asam sulfat	1	20 x 10	200
20.	Storage WPO	1	20 x 30	600
21.	Storage biodiesel	1	20 x 30	600
22.	Storage gliserol	1	20 x 30	600
23.	Storage CaSO ₄	1	20 x 15	300
24.	Utilitas	1	40 x 60	2400
25.	Pemadam kebakaran	1	20 x 15	300
26.	Pengolahan limbah	1	20 x 10	200
27.	perluasan pabrik	1	75 x 50	3750
28.	Laboratorium	1	20 x 10	200
29.	Halaman dan jalan	-	-	5000
Total				26535

BAB X

SUSUNAN ORGANISASI PERUSAHAAN

Dalam menciptakan suatu pengelolaan perusahaan agar mencapai sasaran secara efektif dan hasil produksi yang besar, maka harus diperhitungkan elemen dasar yang diperlukan dalam suatu perusahaan sebagai pelaksanaannya:

Elemen dasar itu terdiri dari :

- manusia (man)
- uang (money)
- bahan (material)
- mesin (machine)
- metode (method)
- pasar (market)

Elemen dasar tersebut menjadi faktor utama untuk menjalankan suatu perusahaan dalam mencapai tujuan secara bersama-sama dalam organisasi perusahaan.

10.1. Dasar Perusahaan

Direncanakan bentuk perusahaan pabrik Biodiesel ini adalah Perseroan Terbatas (PT) Terbuka. Pemilihan bentuk perusahaan ini didasarkan atas pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut:

- kekayaan perusahaan terpisah dari kekayaan pemegang saham
- mudah mendapatkan modal dari penjualan saham selain dari pinjaman bank.
- tanggung jawab pemegang saham terbatas, sebab segala sesuatu menyangkut perusahaan dipegang oleh pimpinan perusahaan.
- kelangsungan hidup perusahaan telah terjamin, karena tidak terpengaruh dengan berhentinya seseorang pemegang saham.

10.2. Sistem Organisasi Perusahaan

Sistem organisasi perusahaan ini menggunakan sistem organisasi garis dan staf. Alasan pemakaian sistem ini adalah:

- biasa digunakan untuk organisasi yang cukup besar dengan produksi yang terus-menerus dan berproduksi secara massal.

- pengambilan keputusan yang lebih sehat dan mudah dapat diambil karena adanya staf ahli.
- terdapat kesatuan pimpinan dan perintah sehingga disiplin kerja lebih baik.
- anggota dewan komisaris merupakan wakil pemegang saham dan dilengkapi dengan staff ahli yang bertugas memberikan nasehat dan saran kepada direktur.

10.3. Pembagian Tugas dan Tanggung Jawab

10.3.1. Pemegang saham

Beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk pabrik dengan cara membeli saham perusahaan. Pemegang saham adalah pemilik pabrik dengan batasan sesuai dengan jumlah saham yang dimilikinya, sedangkan kekayaan pribadi dan pemegang saham tidak dipertanggung jawabkan sebagai jaminan atas hutang-hutang perusahaan. Pemegang saham harus menanam saham paling sedikit satu tahun. Kekuasaan tertinggi terletak pada pemegang saham. Dan merekalah yang memilih direktur dan dewan komisaris dalam rapat umum pemegang saham (RUPS) serta menentukan gaji Direktur tersebut.

10.3.2. Dewan Komisaris

Dewan komisaris bertindak sebagai wakil dari pemegang saham. Komisaris diangkat menurut ketentuan yang ada dalam perjanjian dan dapat diperhentikan setiap waktu oleh/dalam RUPS apabila bertindak bertentangan dengan anggaran dasar atau kepentingan perseroan tersebut. Dewan komisaris dipilih dalam RUPS dari kalangan-kalangan pemegang saham mayoritas.

Tugas dewan komisaris :

- mengawasi Direktur utama tidak merugikan perusahaan.
- menetapkan kebijakan perusahaan
- mengadakan evaluasi/ pengawasan tentang hasil yang diperoleh perusahaan.
- menyetujui atau menolak rancangan yang diajukan direktur.
- memberikan masukan pada direktur bila ingin mengadakan perubahan dalam perusahaan

10.3.3. Direktur Utama

Direktur utama adalah pimpinan perusahaan yang bertanggung jawab pada dewan komisaris dan memawahi:

- direktur Teknik Produksi

- direktur keuangan dan administrasi

Tugas dan wewenang:

- bertanggung jawab kepada dewan komisaris
- menetapkan kebijakan, peraturan dan tata tertib baik keluar maupun kedalam perusahaan.
- mengkoordinasi kerja sama antara direktur teknik dan produksi dengan direktur keuangan dan administrasi.
- mengatur dan mengawasi keuangan perusahaan.
- bertanggung jawab atas kelancaran perusahaan.

10.3.4. Penelitian dan pengembangan (LITBANG)

Litbang merupakan staf direktur yang terdiri dari ahli teknik dan ahli ekonomi. Tugas dan wewenang litbang adalah :

- pengawasan produksi
- pengawasan peralatan pabrik
- perbaikan dan pemeliharaan alat produksi dan utilitas
- perencanaan jadwal produksi dan penyediaan sarana produksi

10.3.5. Direktur Teknik dan Produksi

Direktur teknik dan produksi bertanggung jawab kepada direktur utama dalam hal:

- proses produksi yang berjalan dengan baik
- mengontrol dan mengawasi kelancaran proses produksi
- perbaikan dan pemeliharaan alat produksi dan alat utilitas
- perencanaan jadwal produksi dan penyediaan sarana produksi.

10.3.6. Direktur Keuangan dan Administrasi

Direktur keuangan dan Administrasi bertanggung jawab kepada Direktur utama dalam hal:

- biaya-biaya produksi
- laba rugi perusahaan
- neraca keuangan
- administrasi perusahaan

10.3.7. Kepala Bagian (Manajer)

Tugas dan wewenang kepala bagian:

- membantu direktur teknik dan produksi atau direktur keuangan dan administrasi dalam melaksanakan aktivitas pada bagian masing-masing
- memberikan pengawasan dan pengarahan terhadap seksi-seksi dibawahnya,
- menyusun laporan dan hasil oleh bagian masing-masing
- bertanggung jawab atas kerja bawahannya.

Kepala bagian terdiri dari:

a. Kepala Bagian Produksi

bertanggung jawab kepada direktur teknik dan direktur produksi mutu dan kelancaran produksi dan membawahi:

Seksi Proses:

- mengatur dan mengawasi pelaksanaan jalannya proses produksi yang terjadi serta realisasi rencana.
- bertanggung jawab atas jalannya masing-masing proses:
- mengatur jadwal pembelian bahan baku, pengiriman serta tanggung jawab atas penyediaan bahan baku dan bahan pembantu dalam pabrik.

Seksi Laboratorium:

- bertanggung jawab atas analisa awal dan akhir.
- bertanggung jawab atas standart mutu

Seksi Penyediaan bahan baku

bertanggung jawab atas tersedianya bahan baku yang cukup untuk proses

Seksi Pengolahan limbah

bertanggung jawab atas limbah yang akan dibuang

b. Kepala Bagian Teknik

- mengatur dan mengawasi segala masalah yang berhubungan dengan peralatanteknis, proses dan utilitas.
- bertanggung jawab kepada direktur teknik dan produksi

Kepala bagian ini membawahi:

Seksi Utilitas

- bertugas mengawasi dan mengatur pelaksanaan penyediaan air pendingin, steam, bahan bakar dan listrik.
- bertanggung jawab atas peralatas misalnya boiler.

Seksi Bengkel

- melaksanakan pemeliharaan gedung
- mengadakan perbaikan terhadap peralatan-peralatan yang mengalami kerusakan.

c. Kepala Bagian Umum

bertanggung jawab kepada direktur teknik, produksi, keuangan dan administrasi dalam bidang personalia, humas, keamanan, dan keselamatan perusahaan.

Kepala bagian ini membawahi :

Seksi Personalia

- bertugas untuk penerimaan dan pemberhentian karyawan
- mengadakan pendidikan dan pelatihan kerja bagi karyawan
- penempatan karyawan
- kesejahteraan karyawan

Seksi Keamanan dan Keselamatan:

- menjaga dan memelihara keamanan daerah sekitar pabrik
- menjaga semua bangunan pabrik dan fasilitas perusahaan di lingkungan pabrik.

Seksi Humas

- bertugas mengadakan komunikasi dengan pabrik lain.
- mengatasi persoalan yang ada di luar area perusahaan
- mengadakan kerja sama dengan pihak lain

d. Kepala Bagian Keuangan

bertanggung jawab kepada direktur keuangan dan administrasi dalam bidang keuangan, serta membawahi:

Seksi Pembukuan:

Bertugas membukukan segala transaksi keuangan, yang terjadi di perusahaan.

Seksi Keuangan:

- mengadakan perhitungan uang perusahaan
- mengamankan keuangan perusahaan
- merencanakan keuangan dimasa yang akan datang
- membayar gaji karyawan



e. Kepala Bagian Pemasaran

Bertanggung jawab kepada direktur keuangan dan administrasi dalam bidang pemasaran dan membawahi

Seksi Penjualan:

Bertanggung jawab untuk mencari pemasaran yang seluas-luasnya dengan memperoleh keuntungan yang sebesar-besarnya.

Seksi Gudang

Bertugas mengatur keluar masuknya produksi dan gudang

Seksi iklan dan promosi

Bertugas mengenalkan produk dan mencari pelanggan baru untuk memperluas pemasaran

10.4. Jadwal Jam Kerja

Pabrik direncanakan bekerja atau beroperasi 330 hari dalam setahun dan 24 jam sehari, sisa harinya digunakan untuk perbaikan dan perawatan serta *shut down*. Sesuai dengan peraturan pemerintah dalam jumlah jam kerja untuk karyawan adalah 40 jam dalam satu minggu, yang dibedakan dalam dua bagian yaitu:

1. Jam kerja tetap (non shift)
2. jam kerja bergilir (shift)

Pembagian jam kerja tersebut didasarkan pada status dan bidang kerja karyawan. Karyawan dengan jam kerja tetap adalah karyawan yang tidak langsung menangani operasi pabrik, misalnya direktur, kepala kantor/pabrik. Kepala pabrik, kepala seksi dan karyawan kantor administrasi dan seksi dibawah tanggung jawab non-teknik atau yang bekerja dipabrik dengan jenis pekerjaan tidak kontinyu.

Sedangkan karyawan dengan jam kerja bergilir atau tidak tetap adalah karyawan yang secara langsung menangani operasi pabrik, misalnya: kepala shift, operator, karyawan shift, gudang serta keamanan dan keselamatan kerja.

1. Pembagian kerja karyawan dengan jam kerja tetap

Senin – Kamis

Pagi : 08.00 – 12.00 (istirahat 12.00 – 13.00)

Siang : 13.00 – 16.00

Jum'at

Pagi : 08.00 – 11.30 (istirahat 11.30 – 13.00)

Siang : 13.00 – 16.00

Sabtu

Setengah hari : 08.00 – 13.00

2. Pembagian kerja karyawan dengan jam kerja bergilir

Dibagi menjadi 3 giliran (shift) kerja :

Shift I (pagi) : 08.00 – 16.00

Shift II (siang) : 16.00 – 24.00

Shift III (malam) : 24.00 – 08.00

Untuk menjaga kelancaran pelaksanaan jam kerja secara bergilir, maka karyawan dibagi menjadi 4 grup, yaitu A, B, C, dan D. Dengan 4 grup kerja dan 3 grup giliran kerja (shift) maka 1 grup kerja merupakan grup pengganti (cadangan).

Adapun pengganti shift dari keempat grup tersebut dapat dilihat pada tabel 10.1 berikut :

Hari	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Regu	P	S	M	L	P	S	M	L	P	S	M	L	P	S	M
Regu	S	M	L	P	S	M	L	P	S	M	L	P	S	M	L
Regu	M	L	P	S	M	L	P	S	M	L	P	S	M	L	P
Regu	L	P	S	M	L	P	S	M	L	P	S	M	L	P	S

Keterangan :

P = Pagi, S = Siang, M = Malam, L = Libur

10.5. Jaminan Sosial

Selain mendapatkan gaji perbulan, para karyawan juga menerima tunjangan atau jaminan sosial yang lain yang diberikan oleh perusahaan, sehingga kesejahteraan akan lebih terjamin dan diharapkan akan bekerja lebih giat.

1. Tunjangan Tahunan

Dalam setahun sekali karyawan akan mendapatkan tunjangan sebesar satu bulan gaji.

2. Insentif atau Bonus

Bonus akan diberikan pada keuntungan di akhir tahun yang mana jumlah bonus tergantung pada jabatan atau golongan.

3. Perumahan

Perumahan diberikan terutama bagi karyawan yang menduduki jabatan penting, mulai dari direksi sampai kepala seksi.

4. Kesehatan

Untuk keperluan ini perusahaan menyediakan poliklinik yaitu untuk pengobatan karyawan yang menderita sakit, kecelakaan kerja dan biayanya ditanggung oleh perusahaan.

5. Cuti

- Cuti tahunan selama 12 hari kerja dan diatur dengan mengajukan permohonan satu minggu sebelumnya untuk dipertimbangkan ijinnya.
- Cuti sakit bagi tenaga kerja yang memerlukan istirahat total berdasarkan surat keterangan dokter.
- Cuti hamil selama 3 bulan bagi tenaga kerja wanita.
- Cuti untuk keperluan dinas dan perintah atasan berdasarkan kondisi tertentu perusahaan.

10.6. Penggolongan dan tingkat pendidikan karyawan

peggolongan karyawan berdasarkan tingkat kedudukan dalam sistem organisasi pada pra rancang pabrik biodiesel ini adalah:

1. direktur utama
2. direktur teknik dan administrasi
3. kepala bagian
4. kepala seksi
5. staff kepala seksi
6. operator

sedang latar pendidikan yang harus dimiliki oleh karyawan berdasarkan kedudukannya dan struktur organisasi pada pra rencana pabrik biodiesel ini sebagai berikut:

1. Direktur utama : Magister teknik (S₂)
2. Direktur

- direktur teknik : Magister teknik (S₂)
- direktur administrasi : Magister manajemen (S₂)
- 3. Direktur Litbang : Magister teknik (S₂)
- 4. Sekretaris direktur : sarjana administrasi
- 5. kepala bagian
 - kabag teknik : sarjana teknik mesin
 - kabag produksi : sarjana teknik kimia
 - kabag pemasaran : sarjana ekonomi-manajemen
 - kabag umum : sarjana psikologi
 - kabag keuangan : sarjana akuntansi-ekonomi
- 6. Kepala seksi
 - seksi utilitas : sarjana teknik kimia
 - seksi perawatan : sarjana teknik mesin
 - seksi K3 : sarjana teknik industry
 - seksi proses : sarjana teknik kimia
 - seksi laboratorium : sarjana teknik kimia
 - seksi gudang : D₃ teknik kimia
 - seksi personalia : sarjana psikologi
 - seksi humas : sarjana psikologi
 - seksi keamanan : purnawirawan ABRI
 - seksi pemasaran : sarjana ekonomi
 - seksi keuangan : sarjana ekonomi
 - karyawan : Diploma dan SLTA
 - satpam : purnawirawan ABRI
 - dokter : sarjana dokter
 - kebersihan : SLTA

10.7. Perincian jumlah karyawan

perhitungan jumlah tenaga operasional didasarkan pada pembagian proses yang dilakukan. pada pra rencana pabrik biodiesel ini proses yang dilakukan terbagi menjadi:

1. proses persiapan bahan baku
2. Proses reaksi

3. proses pemisahan dan pemurnian
4. proses penanganan produk
5. proses penyediaan utilitas

sehingga proses keseluruhan yang membutuhkan tenaga operasional adalah 5 tahap. Dari vilbrant & dryen, gambar 6.35 hal 235 diperoleh jumlah karyawan yang dibutuhkan untuk kapasitas pabrik 40000 ton/tahun dan beroperasi 330 hari adalah:

$$\begin{aligned} \text{karyawan proses} &= 5 \times 38 \\ &= 190 \text{ orang.jam/hari} \end{aligned}$$

dalam satu hari terdapat 3 shift (1 shift=8 jam), sehingga jumlah karyawan pershift adalah:

$$\begin{aligned} \text{jumlah karyawan} &= 190 \text{ orang.jam/hari} : 3 \text{ shift/hari} \\ &= 63 \text{ orang.jam/shift} \end{aligned}$$

1 shift= 8 jam, sehingga jumlah karyawan per shift adalah

$$\begin{aligned} \text{jumlah karyawan} &= 63 \text{ orang.jam/shift} : 8 \text{ jam} \\ &= 8 \text{ orang/shift} \end{aligned}$$

karena karyawan shift dibagi menjadi 4 regu, dimana 3 regu kerja dan 1 regu libur maka jumlah karyawan proses adalah:

$$\begin{aligned} \text{jumlah karyawan} &= 8 \text{ orang/shift} \times 4 \\ &= 32 \text{ orang} \end{aligned}$$

karyawan administrasi dan karyawan lain (selain karyawan proses) berjumlah 72 orang, sehingga:

$$\begin{aligned} \text{total karyawan} &= 32 + 72 \\ &= 104 \text{ orang} \end{aligned}$$

perincian kebutuhan tenaga kerja dapat dilihat pada tabel 10.7

No.	Jabatan	Jumlah
1	Direktur Utama	1
2	Direktur Teknik dan Produksi	1
3	Direktur Keuangan dan Adm.	1
4	Staf Litbang	2
5	Kepala Bagian Produksi	1
6	Kepala Bagian Teknik	1
7	Kepala Bagian Umum	1
8	Kepala Bagian Keuangan	1

9	Kepala Bagian Pemasaran	1
10	Kepala Seksi Proses	1
11	Kepala Seksi Laboratorium	1
12	Kepala Seksi Bahan Baku	1
13	Kepala Seksi Utilitas	1
14	Kepala Seksi Pemeliharaan	1
15	Kepala Seksi Personalia (SDM)	1
16	Kepala Seksi Keamanan	1
17	Kepala Seksi Pengelolaan Limbah	1
18	Kepala Seksi Pembukuan	1
19	Kepala Seksi Keuangan	1
20	Kepala Seksi Penjualan	1
21	Kepala Seksi Gudang	1
22	Kepala Seksi Iklan dan Promosi	1
23	Karyawan Devisi Proses	13
24	Karyawan Devisi QC	1
25	Karyawan Devisi bahan baku	1
26	Karyawan Devisi Utilitas	3
27	Staf Devisi Bengkel & Perawatan	9
28	Karyawan Devisi Personalia	5
29	Karyawan Devisi Keamanan	7
30	Karyawan Devisi Administrasi	5
31	Karyawan Devisi Pembukuan	4
32	Karyawan Devisi Keuangan	4
33	Karyawan Devisi Penjualan	4
34	Karyawan Devisi Gudang	1
35	Karyawan Devisi Kesehatan	3
36	Karyawan Devisi Kebersihan	8
37	Sopir	4
38	Sekretaris	1
39	Karyawan pemadam Kebakaran	6
40	Dokter	2
		104

10.8. Status Karyawan dan Status Upah

Pada pabrik ini, sistem upah berbeda-beda tergantung pada status karyawan dan tingkat pendidikan serta besar kecilnya kedudukan tanggung jawab dan keahliannya. Menurut statusnya karyawan pabrik dapat dibagi menjadi golongan sebagai berikut:

1. Karyawan tetap

Karyawan tetap adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK) direksi dan membagi gaji bulanan berdasarkan kedudukan, keahlian, dan masa kerjanya.

2. Karyawan harian

Karyawan harian adalah pekerja yang diangkat dan diberhentikan berdasarkan nota persetujuan direksi atas pengajuan kepada yang membawahnya dan menerima upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

3. Karyawan borongan

Karyawan borongan adalah pekerja yang dipergunakan oleh pabrik apabila diperlukan saja, misalnya bongkar muat barang dan lain-lain. Pekerja ini menerima upah borongan suatu pekerjaan.

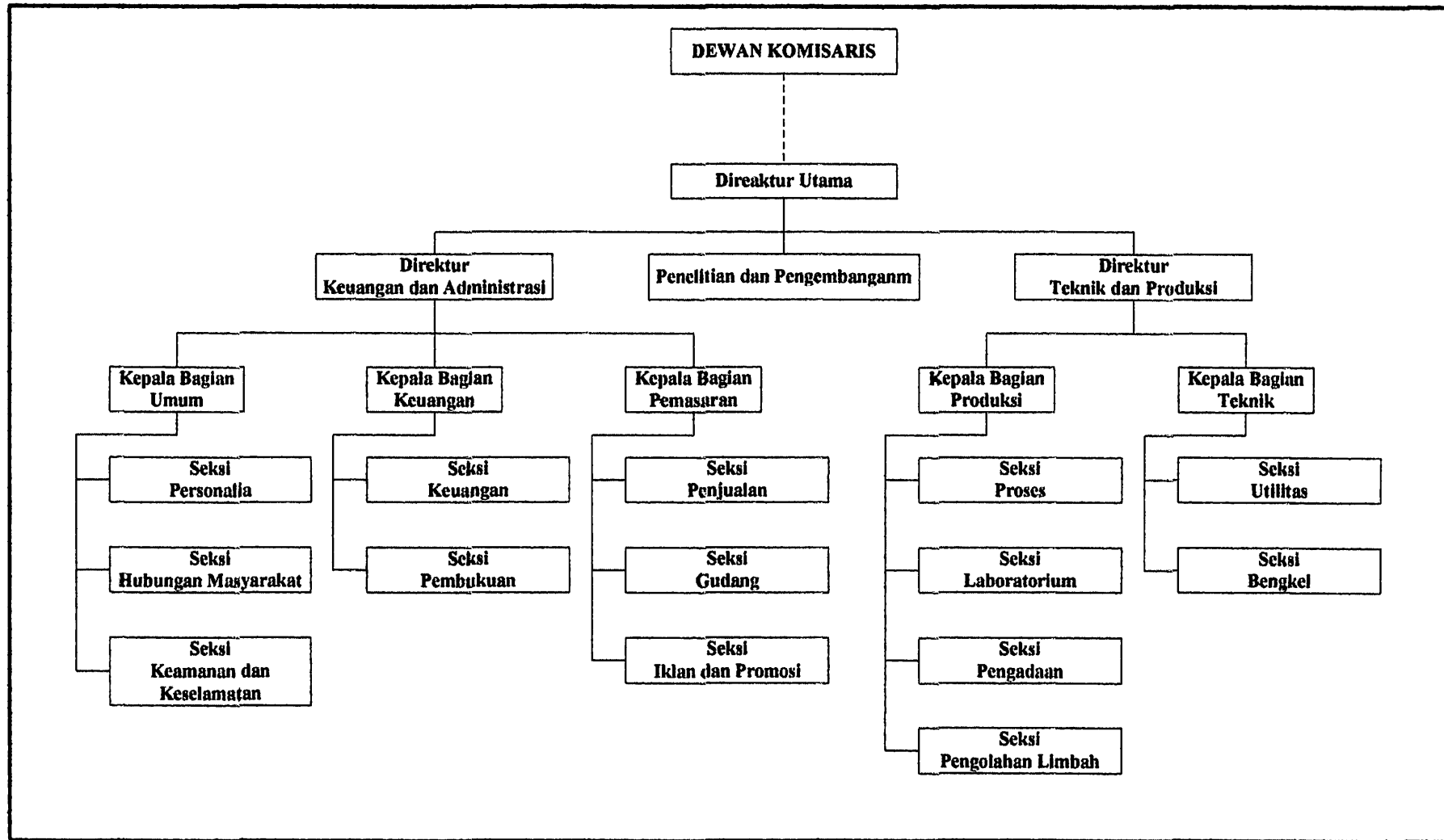
10.9. Tingkat Golongan dan Jabatan Tenaga Kerja

- Golongan A dengan gaji perbulan Rp. 15.000.000,-
Meliputi : Direktur Utama
- Golongan B dengan gaji perbulan Rp. 10.000.000,-
Meliputi : Direktur Teknik dan produksi, keuangan dan administrasi
- Golongan C dengan gaji perbulan Rp. 8.000.000,-
Meliputi : direktur Litbang
- Golongan D dengan gaji perbulan Rp. 6.000.000,-
Meliputi : Kepala bagian
- Golongan E dengan gaji perbulan Rp. 4.000.000,-
Meliputi : Kepala seksi dan Sekretaris
- Golongan F dengan gaji perbulan Rp. 2.000.000 sampai 2.500.000,-
Meliputi : Karyawan dan Kepala seksi keamanan
- Golongan G dengan gaji perbulan Rp. 1000.000 – 1.500.000

Tabel 10.9 Daftar upah karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji (Rp)	
			Per orang	Total
1	Direktur Utama	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
2	Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000
3	Direktur Keuangan dan Adm.	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000
4	Staf Litbang	2	Rp8.000.000	Rp16.000.000

5	Kepala Bagian Produksi	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
6	Kepala Bagian Teknik	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
7	Kepala Bagian Umum	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
8	Kepala Bagian Keuangan	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
9	Kepala Bagian Pemasaran	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
10	Kepala Seksi Proses	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
11	Kepala Seksi Laboratorium	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
12	Kepala Seksi Bahan Baku	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
13	Kepala Seksi Utilitas	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
14	Kepala Seksi Pemeliharaan	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
15	Kepala Seksi Personalia (SDM)	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
16	Kepala Seksi Keamanan	1	Rp2.500.000	Rp2.500.000
17	Kepala Seksi Pengelolaan Limbah	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
18	Kepala Seksi Pembukuan	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
19	Kepala Seksi Keuangan	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
20	Kepala Seksi Penjualan	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
21	Kepala Seksi Gudang	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
22	Kepala Seksi Iklan dan Promosi	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
23	Karyawan Devisi Proses	13	Rp2.500.000	Rp62.500.000
24	Karyawan Devisi QC	1	Rp2.500.000	Rp7.500.000
25	Karyawan Devisi bahan baku	1	Rp2.500.000	Rp7.500.000
26	Karyawan Devisi Utilitas	3	Rp2.000.000	Rp10.000.000
27	Staf Devisi Bengkel & Perawatan	9	Rp2.000.000	Rp18.000.000
28	Karyawan Devisi Personalia	5	Rp1.800.000	Rp9.000.000
29	Karyawan Devisi Keamanan	7	Rp1.800.000	Rp12.600.000
30	Karyawan Devisi Administrasi	5	Rp1.600.000	Rp8.000.000
31	Karyawan Devisi Pembukuan	4	Rp1.600.000	Rp6.400.000
32	Karyawan Devisi Keuangan	4	Rp1.600.000	Rp6.400.000
33	Karyawan Devisi Penjualan	4	Rp1.600.000	Rp6.400.000
34	Karyawan Devisi Gudang	1	Rp1.000.000	Rp3.000.000
35	Karyawan Devisi Kesehatan	3	Rp1.000.000	Rp3.000.000
36	Karyawan Devisi Kebersihan	8	Rp1.000.000	Rp8.000.000
37	Sopir	4	Rp1.300.000	Rp5.200.000
38	Sekertaris	1	Rp1.700.000	Rp1.700.000
39	Karyawan pemadam Kebakaran	6	Rp1.800.000	Rp10.800.000
40	Dokter	2	Rp2.500.000	Rp5.000.000
		104	Jumlah	Rp346.500.000



Gambar 10.1 Struktur organisasi pra rencana pabrik biodiesel

CONFIDENTIAL - SECURITY INFORMATION

Date	Time	Location	Activity
10/15/73	1400	WFO	...
10/15/73	1400	WFO	...
10/15/73	1400	WFO	...
10/15/73	1400	WFO	...
10/15/73	1400	WFO	...
10/15/73	1400	WFO	...
10/15/73	1400	WFO	...
10/15/73	1400	WFO	...
10/15/73	1400	WFO	...
10/15/73	1400	WFO	...

BAB XI

ANALISA EKONOMI

Dalam perencanaan suatu pabrik perlu ditinjau dari faktor-faktor ekonomi yang akan menentukan apakah pabrik tersebut layak untuk didirikan atau tidak. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan untung-rugi dalam mendirikan pabrik Biodiesel antara lain:

- Laju pengembalian modal (Internal Rate Of Return = IRR)
- Lama pengembalian modal (Pay Out Time = POT)
- Titik impas (Break Event Point = BEP)

Untuk menghitung faktor-faktor diatas perlu diadakan penafsiran beberapa hal menyangkut administrasi perusahaan dan jalanya proses, yaitu:

1. Penaksiran modal investasi total (Total Capital Investment), yang terdiri atas:
 - a. Modal tetap (Fixed Capital Investment)
 - b. Modal kerja (Work Capital Investment)
2. Penentuan biaya produksi total (Total Production Cost), yang terdiri atas:
 - a. Biaya pembuatan (Manufacturing Cost)
 - b. Biaya pengeluaran umum (General Expenses)
3. Total pendapatan

A. Faktor-faktor Penentu Pendirian Pabrik Biodiesel

1). Modal Investasi Total (Total Capital Investment = TCI)

Modal Investasi Total adalah modal yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik sebelum beroperasi, terdiri dari :

1. Fixed Capital Investment (FCI) :
 - a. Biaya langsung (Direct Cost), meliputi:
 - Pembelian alat
 - Instrumentasi dan alat control
 - Perpipaan terpasang
 - Listrik terpasang

CONFIDENTIAL

... ..
... ..
... ..

(S)
... ..
... ..

... ..
... ..

... ..
... ..
... ..
... ..
... ..

... ..
... ..

... ..
... ..

... ..
... ..

... ..
... ..

... ..
... ..

- Tanah dan bangunan
- Fasilitas pelayanan
- Pengembangan lahan

b. Biaya tidak langsung (Indirect Cost), meliputi:

- Teknik dan supervisi
- Konstruksi
- Kontraktor
- Biaya tak terduga

2. Working Capital Investment (WCI):

Modal kerja yaitu modal yang digunakan untuk menjalankan pabrik yang berhubungan dengan laju produksi dalam beberapa waktu tertentu. Modal kerja merupakan jumlah dari :

- a. Penyediaan bahan baku dalam waktu tertentu
- b. Pengemasan produk dalam waktu tertentu
- c. Utilitas dalam waktu tertentu
- d. Gaji dalam waktu tertentu
- e. Uang tunai

2). Biaya Produksi (Total Production Cost = TPC)

Total biaya produksi adalah biaya yang digunakan untuk operasi pabrik atau biaya yang dikeluarkan untuk mengeluarkan satu satuan produk dalam waktu tertentu.

Biaya produksi terdiri dari :

- a. Biaya pembuatan (manufacturing cost), terdiri dari:
 - Biaya produksi langsung
 - Biaya produksi tetap
 - Biaya *overhead* pabrik
- b. Biaya umum (general expenses), terdiri dari :
 - Biaya administrasi
 - Biaya distribusi dan pemasaran

- Litbang
- Financing

Adapun biaya produksi total terbagi dari:

a. Biaya variabel (variable cost = VC)

Biaya variabel adalah segala biaya yang pengeluarannya berbanding lurus dengan laju produksi atau biaya yang tergantung dengan kapasitas pabrik. Biaya variabel terdiri dari:

- Biaya bahan baku
- Biaya utilitas
- Biaya pengepakan

b. Biaya semi variabel (semi variable cost = SVC)

Biaya semi variabel adalah biaya pengeluaran yang tidak berbanding lurus dengan laju produksi atau yang tergantung dengan kapasitas pabrik secara tidak langsung.

Biaya semi variabel terdiri dari :

- Gaji karyawan
- *Plant Overhead*
- Pemeliharaan dan perbaikan
- *Operating supplies*
- Biaya umum
- Supervisi

c. Biaya tetap (fixed cost = FC)

Biaya tetap adalah biaya yang dikeluarkan secara tetap, tidak tergantung dengan kapasitas pabrik. Biaya total terdiri dari:

- Asuransi
- Depresiasi
- Pajak
- Bunga bank

B. PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi dilakukan untuk mengetahui pabrik tersebut layak atau tidak untuk didirikan. Pabrik Biodiesel didirikan dengan kapasitas 40.000 ton/tahun.

Secara garis besar perhitungan analisa ekonomi adalah sebagai berikut :

1. Penentuan Total Capital Investment (TCI)

- a. Biaya langsung (DC) = 59.127.548.073
 - b. Biaya tak langsung (IC) = 13.303.698.317
 - c. Fixed Capital Investment (FCI) = 72.431.246.390
 - d. Modal kerja (WC) = 10.864.686.959
- maka TCI = 83.295.933.349

2. Penentuan Total Production Cost (TPC)

- a. Biaya produksi langsung (DPC) = 245.161.540.811
 - b. Biaya tetap (fixed cost/FC) = 34.404.842.035
 - c. Biaya overhead = 7.048.387.247
 - d. Biaya umum (general expenses) = 126.754.681
- Maka TPC = 278.508.731.711

3. Laba Perusahaan

Total penjualan = 346.370.559.360
 Pajak penghasilan = 10.783.174.801
 Laba kotor = 26.957.937.002
 Laba bersih = 16.174.762.201,28
 Cash Flow (CA) = 23.417.886.840,29

4. Analisa Profitabilitas

A. POT (Pay Out Time)

POT = 3,8 tahun

B. ROI (Rate On Investment)

ROI adalah pernyataan umum yang digunakan untuk menunjukkan laba tahunan sebagai usaha untuk mengembalikan modal.

- ROI setelah pajak = 22,33%

REKONSTRUKSI DAN PERENCANAAN PERUMAHAN RUMAH

1.1.1. Tujuan dan Sasaran
1.1.2. Maksud dan Tujuan
1.1.3. Lingkup dan Batasan

1.2.1.1. Latar Belakang

1.2.1.2. Maksud dan Tujuan

1.2.1.3. Lingkup dan Batasan

1.2.1.4. Maksud dan Tujuan

1.2.1.5. Lingkup dan Batasan

1.2.1.6. Maksud dan Tujuan

1.2.1.7. Lingkup dan Batasan

1.2.1.8. Maksud dan Tujuan

1.2.1.9. Lingkup dan Batasan

1.2.1.10. Maksud dan Tujuan

1.2.1.11. Lingkup dan Batasan

1.2.1.12. Maksud dan Tujuan

1.2.1.13. Lingkup dan Batasan

1.2.1.14. Maksud dan Tujuan

1.2.1.15. Lingkup dan Batasan

1.2.1.16. Maksud dan Tujuan

1.2.1.17. Lingkup dan Batasan

1.2.1.18. Maksud dan Tujuan

1.2.1.19. Lingkup dan Batasan

1.2.1.20. Maksud dan Tujuan

1.2.1.21. Lingkup dan Batasan

1.2.1.22. Maksud dan Tujuan

1.2.1.23. Lingkup dan Batasan

1.2.1.24. Maksud dan Tujuan

1.2.1.25. Lingkup dan Batasan

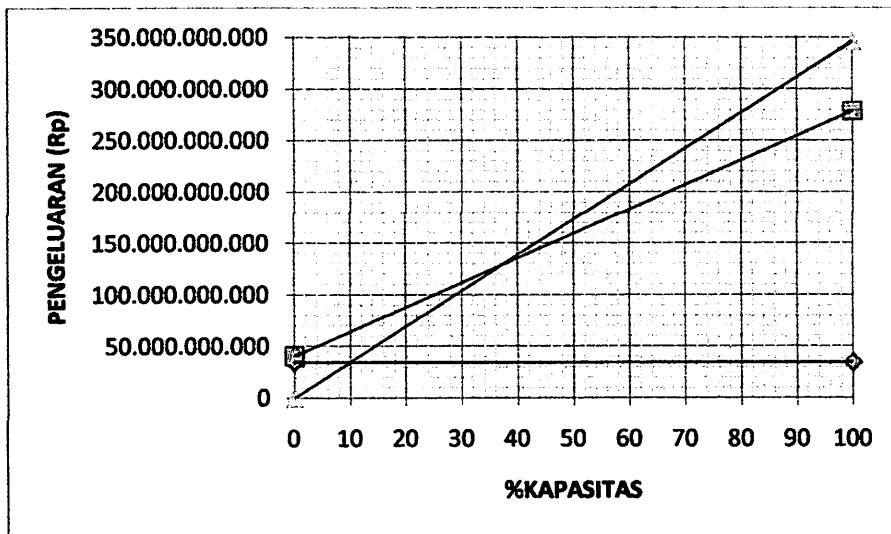
- ROI sebelum pajak = 37,22%

C. BEP (Break Event Point)

BEP adalah titik dimana jika kapasitas pabrik berada pada titik tersebut maka pabrik tidak untung dan tidak rugi atau harga penjualan sama dengan biaya produksi.

Maka nilai BEP = 37,36 %

Kurva BEP :



F. IRR (Internal Rate Of Return)

IRR = 26,67 %

Karena IRR lebih besar dari bunga bank (15 %) maka pabrik biodiesel layak untuk didirikan

Figure 1: Comparison of the results of the two methods.

(a) Results of the two methods.

The figure shows the results of the two methods for the two cases.

The results of the two methods are compared in the figure.

The results of the two methods are compared in the figure.

The results of the two methods are compared in the figure.

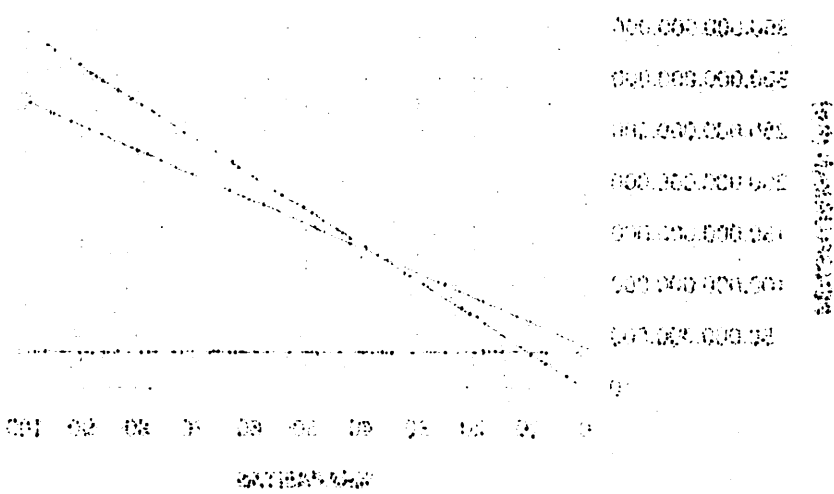


Figure 2: Comparison of the results of the two methods.

(b) Results of the two methods.

The figure shows the results of the two methods for the two cases.

The results of the two methods are compared in the figure.

BAB XII

KESIMPULAN

Kesimpulan Pra Rencana Pabrik Biodiesel dari WPO dari berbagai aspek antara lain:

1. Segi teknik

proses pembuatan biodiesel ini cukup menguntungkan karena bahan baku yang digunakan merupakan limbah yang relatif murah, menggunakan proses dengan kondisi operasi rendah dan dapat menghasilkan produk biodiesel sesuai standar.

2. Segi sosial

Dari segi sosial, pabrik ini cukup menguntungkan karena:

- a. Menciptakan lapangan kerja terutama bagi penduduk sekitar lokasi pabrik.
- b. Meningkatkan pendapatan perkapita daerah sekitar lokasi pabrik.

3. Segi lokasi pabrik

- a. Dekat dengan sungai
- b. Dekat dengan pemasaran
- c. Sarana transportasi yang memadai

4. Segi kegunaan

Produk biodiesel ini sangat berguna terutama untuk solusi pengganti bahan bakar fosil yang semakin lama pemakaiannya harus dikurangi karena ketersediaannya terbatas dan harus disuplai dari bahan bakar dari alam (biodiesel)

5. Segi ekonomi

Dari segi ekonomi sebagai berikut:

- a. Total Capital Investment (TCI) = Rp. 83.295.933.349
- b. Total Production Cost (TPC) = Rp. 278.508.731.711
- c. Rate of Return (ROI)
 - ROI sebelum pajak = 37,22 %
 - ROI setelah pajak = 22,33 %
- d. Internal Rate of Return (IRR) = 26,67%

Nilai IRR ini lebih besar dari pada bunga bank yaitu 15%

- e. Pay Out Time (POT) = 3,8 tahun

Dilihat dari berbagai aspek tersebut maka dapat disimpulkan bahwa Pabrik Biodiesel dari waste palm oil dengan kapasitas 40.000 ton/tahun ini layak didirikan.

THE MILITARY

Amos 4:1

Amos 4:2

Amos 4:3

Amos 4:4

Amos 4:5

Amos 4:6

Amos 4:7

Amos 4:8

Amos 4:9

Amos 4:10

Amos 4:11

Amos 4:12

Amos 4:13

DAFTAR PUSTAKA

1. Pravitasari, A. 2009. *Potensi Pengembangan Biodiesel di Indonesia*, <http://majarimagazine.com/2009/06/potensi-pengembangan-biodiesel-di-indonesia/>., diakses tanggal 12 Februari 2012.
2. Annedtp09's Blog. 2010. *Perkembangan Industri Biofuel di Indonesia*, <http://annedtp09.wordpress.com/2010/05/04/perkembangan-industri-biofuel-di-indonesia/>., diakses 12 Februari 2012.
3. k4d0et. 2012. *Prospek Biodiesel Cerah*, <http://www.acehforum.or.id/archive/indeks.php/t-2433.html>., diakses 18 Februari 2012
4. Nurbita, M & Holis, N. 2010. *Pembuatan Biodiesel dari CPO Parit dengan Proses Esterifikasi dan transesterifikasi*. ITS Library.
5. Bart, J. C. T., Palmeri, N., & Cavallaro, S. 2010. *Biodiesel Science and Technology*. Woodhead Publishing Series in Energy: Number 7.
6. Tint Tint Kywe, Mya Mya Oo. 2009. *Production of Biodiesel from Jatropha Oil (Jatropha curcas) in Pilot Plant*. World Academy of Science, Engineering and Technology 50 2009.
7. Chongkhong, S., Tongurai, C., Chetpattananondh, P., & Bunyakan, C. 2007. *Biodiesel Production by Esterification of Palm Oil Acid Distillate*. ScienceDirect, Biomass and Bioenergy.
8. International Liquid Biofuels Congress. Juli, 19-22, 1998. *Biodiesel Processing Technologies*, Brazil.
9. ANTARA New, 2010, 7 Oktober. *Hutama Investindo Berencana Buka Perkebunan Jarak 25.000 Ha*, <http://www.antaraneews.com/berita/1286452751/hutama-investindo-berencana-buka-perkebunan-jarak-25000-ha>., diakses 18 Maret 2012.
10. Knothe, G.I, Gerpen, J. V., Krahl, J. 2005. *The Biodiesel Handbook*. AOCS Press, Illinois
11. Sarangan, S., Mumbai, N., & Rangaswamy, V. 2008. *Integrated Process for The Preparation of Fatty Acid Methyl Esther (Biodiesel)*. U.S.Patent 2008/0269513 A1

12. Rahayu, I., Yulianti, S., Kasdadi, I. J., & Suratno, W. 2007. *Proses Pengurangan Kadar Fosfor dalam Minyak Jarak (Jatropha Curcas Oil)*. Konferensi Nasional 2007.
13. Berchmans, H. J., and Hirata, S. 2008. *Biodiesel Production from Jatropha Curcas L. Seed Oil with a High Content Free Fatty Acid*. Biosource Technology 99, 1716-1721.
14. Zhang, Y., Dube, M.A., McLean, D. D., & Kates, M. 2003. *Biodiesel Production WCO: I. Process Design and Technological Assessment*. Biosource Technology 89, 1-16.
15. Connemenn, J., Kralmann, A. 1994. *Process for The Continuous Production of Lower Alkyl Ester of Higher Fatty Acids*. U.S. Patent 5354878.
16. Bertram, B., Knobs, F., Abram, C., and Cooke, B, S. 2009. *Purification of Biodiesel with Adsorbent Materials*. U. S. Patent 7635398 B2
17. Coulson, J.M., & Richardson, J.F. 1993. *Chemical Engineering*. 2nd edition. Pergamon Press.
18. Geankoplis, C. 1993. *Transport Process and Unit Operations*. 3rd edition. New Jersey : Prentice Hall. Inc.
19. Perry, R. J. and Green, D. 1999. *Chemical Engineering Handbook*. 7th edition, Singapore: McGraw Hill Book Co. Inc.
20. Kusnarjo. 2010. *Desain Alat Pemindah Panas dan Ekonomi Teknik*.
21. Ulrich, G.D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Willey and Sons, Inc, Canada.
22. Vilbrand, D. 1959. *Chemical Engineering Plant Design*. 4th edition. McGraw Hill Tokyo.
23. Kern, D.Q. 1965. *Process Heat Transfer*. Japan : McGraw Hill Book Co.
24. Chemical Engineering. August 2011. *Evaluating Capital Cost Estimation Programs*.
25. Penski, E.C. 1990. *Estimation of Liquid Heat Capacities*. CRDEC, AD-A224-161.