No: TA/TK/2016/29

PERANCANGAN PABRIK BIODIEEL DARI MINYAK KELAPA SAWIT (CPO) KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

PERACANGAN PABRIK

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia
Bidang Studi Teknik Kimia



Oleh:

Nama : Ridwan Ramadhan
No. Mahasiswa : 12521016

Nama : Bimar Ferrian Dea K
No. Mahasiswa : 12521022

TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2016

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

PERANCANGAN PABRIK

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	**: Ridwan Ramadhan**	**Nama**	**: Bimar Ferrian Dea K**
No. Mahasiswa	**: 12521016**	**No. Mahasiswa**	**: 12521022**

Yogyakarta, 26 September 2016

Menyatakan bahwa seluruh hasil Perancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



Ridwan Ramadhan



Bimar Ferrian Dea K

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PERANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK KELAPA SAWIT (CPO) KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK



Oleh:

Nama : Ridwan Ramadhan
No. Mahasiswa : 12521016

Nama : Bimar Ferrian Dea K
No. Mahasiswa : 12521022

Yogyakarta, 26 Agustus 2016

Pembimbing I,

Drs.Ir. Faisal RM, MSIE. Ph.D

Pembimbing II,

Ariany Zulkania, S.T.,M.Eng

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PERANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK KELAPA SAWIT (CPO) KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama	: Ridwan Ramadhan	Nama	: Bimar Ferrian Dea K
No. Mahasiswa	: 12521016	No. Mahasiswa	: 12521022

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Konsentrasi Teknik Kimia
Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 26 - September 2016

Tim Penguji,

Ir. Faisal RM, MSIE., Ph.D.
Ketua

Ajeng Yulianti,S.T, M.Eng.
Anggota I

Agus Taufiq,Ir.,M.Sc
Anggota II

Mengetahui:
Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Ir. Faisal RM, MSIE., Ph.D.

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr., Wb.

Puji syukur atas kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufikdan karunia-Nya, sehingga Perancangan Pabrik ini dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat dan salam semoga selalu tercurahkan atas junjungan kita NabiMuhammad S.A.W, sahabat serta para pengikutnya.

Tugas Akhir Perancangan Pabrik yang berjudul **"PERANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK KELAPA SAWIT (CPO) KAPASITAS 30.000 TON / TAHUN",** disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah didapat selama dibangkukuliah, dan merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulisan laporan Perancangan Pabrik ini dapat berjalan dengan lancar atas bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang menyertai dan meridhoi setiap jalan yang dilalui dan memberikan semua kemudahan yang di hadapi.
2. Nabi Muhammad SAW sebagai panutan dan tauladan serta ajaran-ajaran yang menjadi pedoman dalam setiap langkah kehidupan.
3. Keluarga besar penulis yang selalu mendukung baik dalam bentuk do'a ataupun semangat.
4. Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
5. Ir. Faisal RM, MSIE., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

6. Ariany Zulkania, S.T.,M.Eng selaku pembimbing tugas akhir. Penulis mengucapkan banyak terima kasih atas bimbingan dan arahannya selama penulis melaksanakan tugas penelitian.
7. Seluruh staff akademik Jurusan Teknik Kimia.
8. Teman-teman Teknik Kimia 2012 yang selalu memberikan dukungan semangat serta do'a.
9. Kakak angkatan dan adik angkatan mahasiswa Teknik Kimia UII yang banyak memberi masukan-masukan yang sangat bermanfaat.
10. Anis Misfala, Rhesty Indah Shani, M.Indra Maulana, Eko Dwi Saputra, Ponpes Kramat, Muhammad Heru Fathorodin yang tak henti-hentinya memberikan support moral kepada penulis.
11. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis menyelesaikan tugas akhir ini dengan tulus dan ikhlas.

Penulis menyadari bahwa laporan ini jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan mengingat keterbatasan pengalaman dan kemampuan penulis, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan penulis demi hasil yang lebih baik di masa mendatang.

Yogyakarta, 26 Agustus 2016

Penulis

HALAMAN MOTTO

"Tinta seorang pelajar lebih berharga dari pada darah seorang martir"

(Nabi Muhammad SAW)

"Siapa yang meninggalkan kampung halamannya untuk mencari pengetahuan, ia berada di jalan Allah SWT"

(Nabi Muhammad SAW)

"If you start today to do the right thing, you are already a success even if it doesn't show yet"

(John C. Maxwell)

"Impossible is just a big word thrown around by small men who find it easier to live in the world they've been given than to explore the power they have to change it. Impossible is not fact. It's an opinion. Impossible is not a declaration. It's a dare. Impossible is potential. Impossible is temporary. Impossible is nothing,"

(Muhammas Ali)

"A man who only reads in too much and just uses his own brain few of falls into lazy"

(Albert Einstein)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan mengucap syukur Alhamdulillah, saya persembahkan karya kecil ini untuk orang-orang yang saya sayangi:

- **Mama (Lelly Wuryanti)** dan **Papa (Asiano)**, motivator terbesar dalam hidup saya yang tidak pernah lelah mendo'akan dan menyayangi saya. Atas semua pengorbanan dan kesabaran sampai kini yang belum bisa saya balas.
- **Ryan Ayuning Tyas, Ringga Setiawan dan Rintan Dwi Kartika**, kakak yang selalu menjadi teman dan tempat berbagi.
- **Keluarga Besar Raharjo, Rasimun** yang selalu memberikan semangat baik moral maupun spiritual kepada penulis dalam kehidupan sehari-hari
- **Bimar Ferrian Dea K**, terimakasih atas semua bantuan dan kerjasamanya dalam mengerjakan tugas ini, dan kesetiaan dalam susah maupun senang.
- **Sahabat-sahabatku, (Robby Herdiansyah, Bimar Ferrian K, M. Indra Maulana, Eko Dwi Saputra)** yang senang tiada memberikan dukungan, serta teman-teman seperjuangan di Teknik Kimia 2012, canda tawa dan kenangan yang tak akan terlupkan.

(Ridwan Ramadhan)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan mengucap syukur Alhamdulillah, saya persembahkan karya kecil ini untuk orang-orang yang saya sayangi:

- **Ibu (Nuning Sri Wahyuni)** dan **Ayah (Ade Kusnadi)**, motivator terbesar dalam hidup saya yang tidak pernah lelah mendo'akan dan menyayangi saya. Atas semua pengorbanan dan kesabaran sampai kini yang belum bisa saya balas.
- **Haeckel Bayyan Amil Valerat dan Endah Restiana**, kakak yang selalu menjadi teman dan tempat berbagi.
- **Keluarga Besar Bapak H.Karmat** dan **Keluarga Besar Bapak Arga** yang selalu memberikan semangat baik moral maupun spiritual kepada penulis dalam kehidupan sehari-hari
- **Ridwan Ramadhan**, terimakasih atas semua bantuan dan kerjasamanya dalam mengerjakan tugas ini, dan kesetiaan dalam susah maupun senang.
- **Sahabat-sahabatku, (Fakhrizal, Farida, Bintang, Janita, Adil, Delvia, Andre, Codot)** yang senang tiada memberikan dukungan, serta teman-teman seperjuangan di Teknik Kimia 2012, canda tawa dan kenangan yang tak akan terlupkan.

(Bimar Ferrian Dea K)

DAFTAR ISI

Halaman Judul..... i

Halaman Pernyataan..... ii

Halaman Pengesahan Pembimbing..... iii

Halaman Pengesahan Penguji..... iv

Kata Pengantar..... v

Halaman Motto..... vii

Halaman Persembahan..... viii

Daftar Isi..... x

Daftar Tabel..... xiv

Daftar Gambar..... xvii

Abstraksi..... xviii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang..... 1

1.1.1 Potensi Minyak Kelapa Sawit..... 2

1.1.2 Kebutuhan Biodiesel..... 3

1.2 Tinjauan Pustaka..... 7

1.2.1 Minyak Kelap Sawit (*Crude Palm Oil*)..... 7

1.2.2 Biodiesel..... 10

1.2.3 Macam – Macam Proses..... 12

BAB II PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk..... 17

2.2 Pengendalian Kualitas 20
2.2.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku 20
2.2.2 Pengendalian Kualitas Produk 20
2.2.3 Pengendalian Proses 20
2.2.4 Pengendalian Proses 21
2.2.5 Pengendalian Proses 21

BAB III PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses 22
3.1.1 Tahap Penyiapan Bahan Baku 22
3.1.2 Tahap Sintesis Produk 23
3.1.3 Tahap Pemurnian Produk 24
3.2 Spesifikasi Alat Proses 26
3.2.1 Spesifikasi Alat Proses 26
3.3 Perencanaan Produksi 53
3.3.1 Analisis Kebutuhan Bahan Baku 53
3.3.2 Analisis Kebutuhan Alat Proses 54

BAB IV PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik 55
4.1.1 Faktor – Faktor Utama 55
4.1.2 Faktor – Faktor Khusus 58
4.2 Tata Letak Pabrik 62
4.3 Tata Alat Proses 66
4.4 Alir Proses dan Material 68

4.4.1 Neraca Massa 68
4.4.2 Neraca Panas 73
4.4.3 Diagram Alir Kualitatif 79
4.4.4 Diagram Alir Kuantitatif 80
4.5 Pelayanan Teknik (*Utilitas*) 81
4.5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air 81
4.5.1.1 Unit Penyediaan Air 81
4.5.1.2 Unit Pengolahan Air 86
4.5.1.3 Kebutuhan Air 89
4.5.2 Unit Pembangkit *Steam* 92
4.5.3 Unit Pembangkit Listrik 93
4.5.4 Unit Penyediaan Udara Tekan 96
4.5.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar 96
4.5.6 Unit Pengolahan Limbah atau Air Buangan 97
4.5.7 Spesifikasi Alat – Alat Utilitas 99
4.6 Organisasi Perusahaan 113
4.6.1 Bentuk Hukum Badan Usaha 113
4.6.2 Struktur Organisasi Perusahaan 114
4.6.3 Tugas dan Wewenang 116
4.6.4 Pembagian Jam Kerja 122
4.6.5 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji 123
4.7 Evaluasi Ekonomi 129
4.7.1 Harga Alat 130

4.7.2 Dasar Perhitungan 134

4.7.3 Perhitungan Biaya 135

4.7.4 Analisa Kelayakan 136

4.7.5 Hasil Perhitungan 140

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan 149

5.2 Saran..... 151

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Sumber minyak nabati sebagai bahan baku Biodiesel 3

Tabel 1.2 Proyeksi kebutuhan biodiesel di Indonesia 5

Tabel 1.3 Komposisi Trigliserida Dalam Minyak Kelapa Sawit (CPO)..... 8

Tabel 1.4 Komposisi asam lemak dari Minyak Kelapa Sawit (%) 9

Tabel 1.5 Standarisasi mutu Biodiesel Indonesia (RSNI EB 020551)..... 11

Tabel 1.6 Perbandingan reaksi Transesterifikasi 16

Tabel 3.1 Kebutuhan bahan baku..... 54

Tabel 4.1 Perincian luas tanah bangunan pabrik..... 64

Tabel 4.2Neraca massa pada Mixer 68

Tabel 4.3Neraca massa pada Reaktor Transesterifikasi..... 68

Tabel 4.4 Neraca massa pada Netralizer..... 69

Tabel 4.5 Neraca massa pada Dekanter 1 69

Tabel 4.6 Neraca massa pada Washing Tower 70

Tabel 4.7 Neraca massa pada Dekanter 2 71

Tabel 4.8 Neraca massa pada Evaporator 1 71

Tabel 4.9 Neraca massa pada Evaporator 2 72

Tabel 4.10 Neraca panas pada Mixer..... 73

Tabel 4.11 Neraca panas pada Reaktor Transesterifikasi 73

Tabel 4.12 Neraca panas pada Netralizer..... 74

Tabel 4.13Neraca panas pada Dekanter 1 75

Tabel 4.14Neraca panas pada Washing Tower 76

Tabel 4.15 Neraca panas pada Dekanter 2 76
Tabel 4.16 Neraca panas pada Evaporator 1 77
Tabel 4.17 Neraca panas pada Evaporator 2 78
Tabel 4.18 Neraca panas pada Kondensor 78
Tabel 4.19 Syarat air umpan boiler 82
Tabel 4.20 Kebutuhan air pembangkit steam 89
Tabel 4.21 Kebutuhan air pembangkit proses 90
Tabel 4.22 Kebutuhan air perkantoran dan rumah tangga 91
Tabel 4.23Kebutuhan listrik alat proses 94
Tabel 4.24 Kebutuhan listrik utilitas 95
Tabel 4.25 Jadwal kerja karyawan shift 123
Tabel 4.26 Penggolongan gaji berdasarkan jabatan 123
Tabel 4.27 Perincian jumlah karyawan tiap divisi 124
Tabel 4.28 Penggolongan gaji berdasarkan jabatan 126
Tabel 4.29 Indeks harga tiap tahun 130
Tabel 4.30 Harga alat pada tahun 2020 133
Tabel 4.31 *Phyciscal Plant Cost* (PPC) 140
Tabel 4.32 *Direct Plant Cost* (DPC) 141
Tabel 4.33 *Fixed Capital Investment* (FCI) 141
Tabel 4.34 *Direct Manufacturing Cost* (DMC) 141
Tabel 4.35 *Indirect Manufacturing Cost* (DMC) 142
Tabel 4.36 *Fixed Manufacturing Cost* (FMC) 142
Tabel 4.37 *Total Manufacturing Cost* (FMC) 142

Tabel 4.38 *Total Working Capital* (TWC) 143

Tabel 4.39 *General Expense* (GE) 143

Tabel 4.40 *Total Production Cost* (TPC) 144

Tabel 4.41 *Fixed Cost* (Fa) 144

Tabel 4.42 *Variable Cost* (Va) 144

Tabel 4.43 *Regulated Cost* (Ra) 145

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Proyeksi kebutuhan bahan bakar minyak di Indonesia 5

Gambar 1.2 Reaksi esterifikasi dari asam lemak menjadi metil ester 13

Gambar 1.3 Transesterifikasi dari trigliserida menjadi metil ester 14

Gambar 3.1 Reaksi transesterifikasi didalam reactor..... 23

Gambar 4.1 Lokasi pembangunan pabrik 60

Gambar 4.2 Layout pabrik skala 1:1000 65

Gambar 4.3 Tata letak alat pabrik biodiesel dari minyak kelapa sawit 67

Gambar 4.4 Diagram alir kualitatif pabrik biodiesel proses transesterifikasi 79

Gambar 4.5 Diagram alir kuantitatif pabrik biodiesel proses transesterifikasi 80

Gambar 4.6 Struktur organisasi perusahaan..... 128

Gambar 4.7 Grafik tahun vs indeks harga..... 132

Gambar 4.8 Nilai SDP dan BEP 148

ABSTRACT

The petroleum demand in Indonesia increases each year. But increasing demand followed by the decreasing of fuel production. According to Indonesia Ministry of Energy and Mineral Resources by 2025, the use of fossil energy must be 20% maximum. One of the solutions to this increasing demand is by using biofuel energy which is biodiesel. Predesign of Biodiesel plant with capacity of this Biodiesel plant is 30,000 tons/year and operates for 330 days a year in 24 hours.

Biodiesel (methyl ester) manufacturing is carried out through Transesterification process with alkaline based catalyst. Crude palm oil curcas oil flows at rate of 49,021.0284 tons/year, methanol 11,280.5620 tons/year, Natrium Hidroxide 226.2509 tons/year and Hydrochloric Acid 206.2474 tons/year. The reaction will be carried out by using Continuous Stirred Tank Reactor or CSTR with reaction conversion 80%. The reactor operates on 110^{o}C and 1 atm. The plant building area is 8000 m ^{2}. The location of the plant is going to be in Medan, North Sumatera where it's relatively close to the main raw material which is Crude palm oil producer PT Agro Sarana Nusantara.

The economic analysis result inthe value of BEP 45.67% , SDP percentage 26.23% and DCFR percentage 18.02%. The economic analysis result shows that the Biodiesel Plant from Crude Palm Oil with 30,000 tons/year capacity is feasible to be build and is a low risk chemical plant.

Keywords : Crude palm oil, transesterification, biodiesel.

ABSTRAK

Kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) di Indonesia meningkat setiap tahun. Peningkatan kebutuhan tersebut diikuti oleh penurunan produksi dari BBM. Menurut Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral Indonesia, pada tahun 2025 penggunaan dari energi fosil tidak lebih dari 20%. Salah satu dari peningkatan permintaan adalah dengan menggunakan biofuel energi yaitu biodiesel. Pra prancangan pabrik Biodiesel tanaman dengan kapasitas pabrik 30.000 ton/tahun ini beroperasi selama 330 hari setahunnya dalam 24 jam.

Pembuatan biodiesel dilakukan mengggunakan proses transesterifikasi menggunakan katalis basa. Minyak Kelapa Sawit yang dibutuhkan sebanyak 49.021,0284 ton/tahun, methanol 11.280,5620 ton/tahun. Reaksi akan dijalankan menggunakan Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dengan konversi reaksi sebesar 80%. Reaktor beroperasi pada suhu 110^{o}C dan tekanan 1 atm. Luas bangunan pabrik adalah 8000 m 2. Lokasi pabrik ini akan berada di Medan, Sumatera Utara di mana itu relatif dekat dengan bahan baku utama yang merupakan produsen minyak sawit mentah PT Agro Sarana Nusantara.

Hasil analisa ekonomi menghasilkan nilai BEP sebesar 45,67%, presentase SPD sebesar 26,23% dan presentase DCFR 18,02%. Hasil analisa ekonomi menunjukan bahwa Pabrik Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit Kapasitas 30.000 ton/tahun dapat dibangun dan termasuk dalam pabrik kimia resiko rendah.

Kata kunci : crude palm oil, transesterikasi, biodiesel.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ketersediaan bahan bakar minyak bumi khususnya di Indonesia semakin hari semakin terbatas. Indonesia yang dulunya dikenal sebagai salah satu pengekspor minyak bumi, sejak tahun 2005 telah menjadi pengimpor minyak bumi karena produksi dalam negri tidak lagi memenuhi permintaan pasar domestik yang meningkat cepat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan industri. Kondisi ini diperparah dengan adanyan kenaikan harga minyak bumi duunia akibat keseimbangan pasar yang mengarah pada kondisi *over demand*. Menyikapi kondisi tersebut dan untuk menjaga stabilitas pemenuh kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) nasional, maka pada januari 2006 pemerintah mengeluarkan Peraturan Presiden No.5 Tahun 2006 mengenai Kebijakan Energi Nasional (KEN) yang menyebutkan target penggunaan *biofuel* sebesar 5% dari total energi mix pada tahun 2025 dan Instruksi Presiden No.1 Tahun 2006 tentang penyediaan dan pemanfaatan bahan bakar nabati *(biofuel)* sebagai bahan bakar lain di Indonesia. Dimasa depan, biofuel memiliki prospek sebagai sumber utama energi terbarukan pengganti minyak bumi , baik untuk kebutuhan domestik maupun tujuan ekspor (Blueprint Pengelolaan Energi Nasional, 2006 – 2025).

Pada tahun 2007, Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral menyatakan persediaan minyak bumi Indonesia bisa bertahan 11 tahun, gas bumi 30 tahun,

dan batu bara 50 tahun lagi. Artinya perlu ada sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar tersebut atau paling tidak mengantisipasi masa kehabisannya (PERMEN ESDM, No: 20, 2014).

1.1.1 Potensi Minyak Kelapa Sawit

Biodiesel atau *methyl ester* merupakan bahan bakar dari minyak nabati yang memiliki sifat menyerupai minyak diesel/solar. Biodiesel dapat digunakan baik secara murni maupun dicampur dengan petrodiesel tanpa terjadi perubahan pada mesin lain yang menggunakannya. Penggunaan biodiesel sebagai sumber energi semakin menuntut untuk direalisasikan. Sebab, selain merupakan solusi menghadapi kelangkaan energi fosil pada masa mendatang, biodiesel juga bersifat dapat diperbaharui *(renewable*), dapat terurai *(biodegradable)*, memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin karena termasuk kelompok minyak tidak mengering (*non-drying oil),* mampu mengurangi emisi karbon dioksida dan efek rumah kaca. Biodiesel juga bersifat ramah lingkungan karena menghasilkan emisi gas buang yang jauh lebih baik dibandingkan diesel/solar, yaitu bebas sulfur, bilangan asap *(smoke number)* rendah, terbakar sempurna *(clean burning),* dan tidak menghasilkan racun *(non toxic).*

Beberapa bahan baku untuk pembuatan biodisel antara lain kelapa sawit, kedelai, bunga matahari, jarak pagar, tebu dan beberapa jenis tumbuhan lainnya. Dari beberapa bahan baku tersebut di Indonesia yang punya prospek untuk diolah menjadi biodisel adalah kelapa sawit dan jarak pagar, tetapi prospek kelapa sawit lebih besar untuk pengolahan secara besar-besaran . Sebagai tanaman industri

kelapa sawit telah tersebar hampir di seluruh wilayah Indonesia, teknologi pengolahannya sudah mapan. Dibandingkan dengan tanaman yang lain seperti kedelai, bunga matahari, tebu, jarak pagar dan lain lain yang masih mempunyai kelemahan antara lain sumbernya sangat terbatas dan masih diimpor (kedelai & bunga matahari), tebu masih minim untuk bahan baku gula (kekurangan gula nasional masih diimpor dan hanya dapat dipakai tetesnya sebagai bahan alkohol), jarak pagar masih dalam taraf penelitian skala laboratorium untuk budidaya dan pengolahannya, sehingga dapat dikatakan bahwa kelapa sawit merupakan bahan baku untuk biodisel yang paling siap.

1.1.2 Kebutuhan Biodiesel

Biodiesel adalah nama untuk jenis fatty ester, umumnya merupakan monoalkyl ester yang terbuat dari minyak tumbuh-tumbuhan (minyak nabati). Minyak nabati yang dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel dapat berasal dari kacang kedelai, kelapa, kelapa sawit, padi, jagung, jarak, papaya dan banyak lagi melalui proses transesterifikasi. (Mardiah, dkk, 2006).

Tabel. 1.1. Beberapa sumber minyak nabati sebagai bahan baku Biodiesel

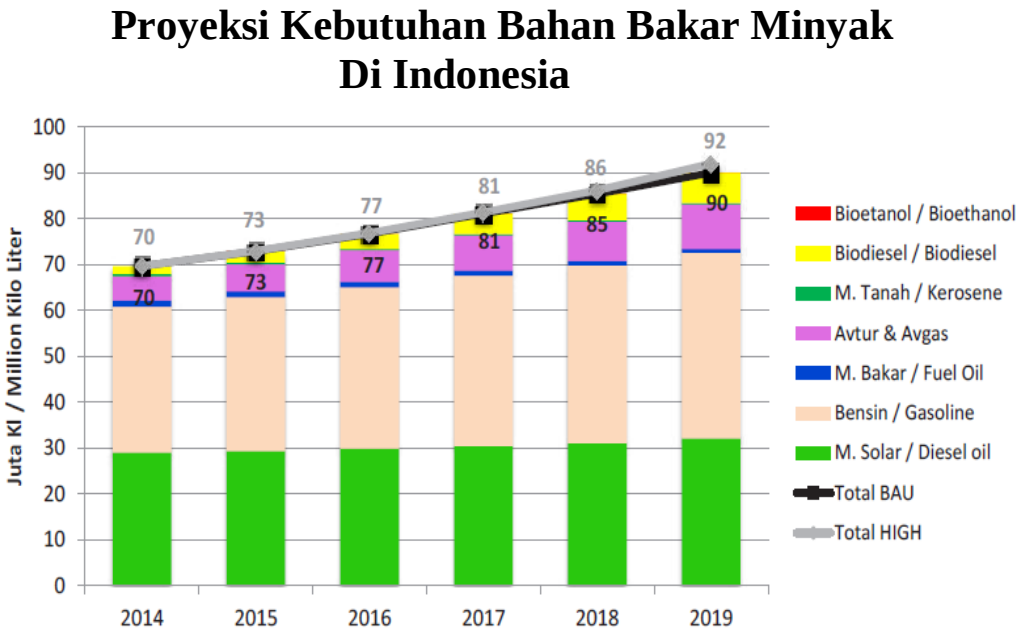
Nama Lokal	Nama Latin	Sumber Minyak	Isi % Berat Kering
Jarak Pagar	Jatropha Curcas	Inti biji	40-60
Jarak Kaliki	Riccinus Communis	Biji	45-50
Kacang Suuk	Arachis Hypogea	Biji	35-55
Kapok / Randu	Ceiba Pantandra	Biji	24-40
Karet	Hevea Brasiliensis	Biji	40-50
Kecipir	Psophocarpus Tetrag	Biji	15-20
Kelapa	Cocos Nucifera	Inti biji	60-70
Kelor	Moringa Oleifera	Biji	30-49
Kemiri	Aleurites Moluccana	Inti biji	57-69
Kusambi	Sleichera Trijuga	Sabut	55-70
Nimba	Azadiruchta Indica	Inti biji	40-50

Lanjutan Tabel 1.1

Nama Lokal	Nama Latin	Sumber Minyak	Isi % Berat Kering
Saga Utan	Adenanthera Pavonina	Inti biji	14-28
Sawit	Elais Suincencis	Sabut dan biji	45-70 + 46-54
Nyamplung	Callophyllum Lanceatum	Inti biji	40-73
Randu Alas	Bombax Malabaricum	Biji	18-26
Sirsak	Annona Muricata	Inti biji	20-30
Srikaya	Annona Squosa	Biji	15-20

Biodiesel bersifat ramah lingkungan karena menghasilkan emisi gas buang yang jauh lebih baik dibandingkan minyak diesel/solar, yaitu bebas sulfur, bilangan asap rendah dan angka cetana antara 57-62, terbakar sempurna dan tidak beracun.

Penggunaan BBM untuk jangka pendek menjadi perhatian yang serius karena terkait dengan penetapan kouta BBM bersubsidi setiap tahunnya. Diperkirakan penggunaan BBM akan meningkat dari 72,9 juta kl pada tahun 2015 menjadi 90 juta kiloliter pada tahun 2019 atau rata-rata sebesar 5,4 % per tahun. (BPPT Indonesia Energy Outlook, 2014).



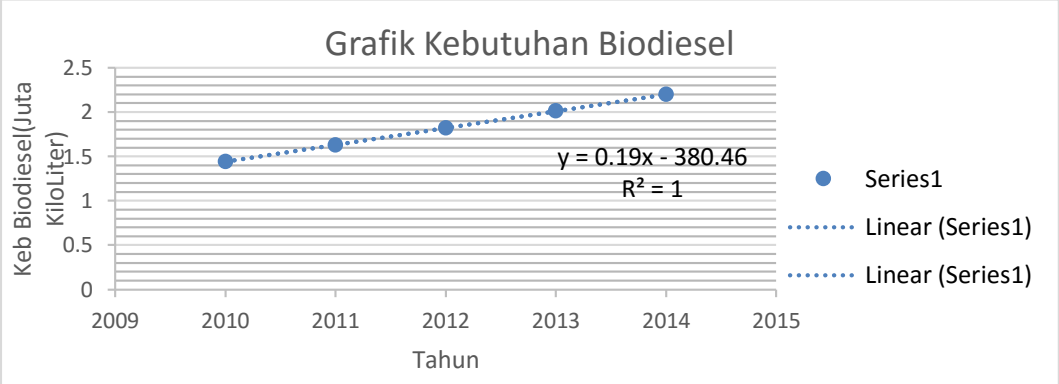
(Sumber: BPPT Indonesia Energy Outlook 2014)

Gambar 1.1 Proyeksi kebutuhan bahan bakar minyak di Indonesia

Tabel 1.2 Proyeksi kebutuhan biodiesel di Indonesia

No	Tahun	Kebutuhan Biodiesel (Juta Kiloliter)
1	2006	0,22
2	2007	0,88
3	2008	1,06
4	2009	1,25
5	2010	1,44
6	2011	1,63
7	2012	1,82
8	2013	2,01
9	2014	2,20

Sumber: Handbook Of Energy and Economic Statistic of Indonesia, ESDM



Dari hasil perhitungan regresi linier di dapat hasil sebesar 29000 ton/tahun sehingga ditarik kapasitas pabrik pada tahun 2020 adalah 30000 ton/tahun karena kapasitas maximum pabrik biodiesel di Indonesia sebesar 33000 ton/tahun.

Terdapat beberapa faktor yang menjadi pertimbangan dalam mendirikan pabrik Biodiesel, yaitu :

a. Memenuhi kebutuhan Bahan Bakar Minyak (BBM) di Indonesia
b. Tersedianya bahan baku minyak kelapa sawit dan bahan baku lainnya didalam negeri, seperti dari PT Sarana Agro Nusantara, PT Kaltim Metanol Industri di Bontang dan lainnya yang tentunya menjadikan harga bahan baku relatif lebih murah.
c. Kapasitas dari kebutuhan biodiesel pada tahun 2020 akan naik menjadi 17 juta kilo liter.
d. Pendirian pabrik ini diharapkan dapat mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap impor BBM dari luar negeri, sehingga dapat menghemat devisa negara.
e. Dari segi sosial ekonomi, pendirian pabrik biodiesel ini dapat menyerap tenaga kerja dan meningkatnya perekonomian masyarakat, khususnya masyarakat yang tinggal disekitar pabrik.

Dengan memperhatikan hal-hal tersebut di atas, maka pendirian pabrik biodiesel di Indonesia merupakan gagasan yang perlu dikaji lebih lanjut sebagai investasi yang menguntungkan di masa yang akan datang.

1.2 Tinjauan Pustaka

1.2.1 Minyak Kelapa Sawit (Crude Palm Oil)

Minyak sawit atau minyak kelapa sawit adalah minyak nabati edibel yang didapatkan dari *mesocarp* (inti) buah pohon kelapa sawit, umumnya dari spesies *Elaeis guineensis*, dan sedikit dari spesies *Elaeis oleifera* dan *Attalea maripa*. Minyak sawit secara alami berwarna merah karena kandungan beta-karoten yang tinggi. Minyak sawit berbeda dengan minyak inti kelapa sawit (*palm kernel oil*) yang dihasilkan dari inti buah yang sama. Minyak kelapa sawit juga berbeda dengan minyak kelapa yang dihasilkan dari inti buah kelapa (*Cocos nucifera*). Perbedaan ada pada warna (minyak inti sawit tidak memiliki karotenoid sehingga tidak berwarna merah), dan kadar lemak jenuhnya. Minyak sawit mengandung 41% lemak jenuh, minyak inti sawit 81%, dan minyak kelapa 86%.

Minyak sawit termasuk minyak yang memiliki kadar lemak jenuh yang tinggi. Minyak sawit berwujud setengah padat pada temperatur ruangan dan memiliki beberapa jenis lemak jenuh asam laurat (0.1%), asam miristat (1%), asam stearat (5%), dan asam palmitat (44%). Minyak sawit juga memiliki lemak tak jenuh dalam bentuk asam oleat (39%), asam linoleat (10%), dan asam alfa linoleat (0.3%). Seperti semua minyak nabati, minyak sawit tidak mengandung

kolesterol meski konsumsi lemak jenuh diketahui menyebabkan peningkatan kolesterol lipoprotein densitas rendah dan lipoprotein densitas tinggi akibat metabolisme asam lemak dalam tubuh. Minyak sawit juga *GMO free*, karena tidak ada kelapa sawit termodifikasi genetik (GMO) yang dibudidayakan untuk menghasilkan minyak sawit. (sumber: http//id.wikipedia.org)

Minyak sawit adalah bahan memasak yang umum di negara tropis di Afrika, Asia Tenggara, dan sebagian Brasil. Penggunaannya dalam industri makanan komersial di belahan negara lain didorong oleh biaya produksinya yang rendah dan kestabilan oksidatifnya ketika digunakan untuk menggoreng.

Maraknya perkebunan sawit telah mengundang kekhawatiran aktivis lingkungan karena besarnya penghancuran hutan untuk melakukan pertanian monokultur kelapa sawit. Perkebunan sawit ini telah menyebabkan hilangnya habitat orang utan di Indonesia, yang merupakan spesies yang terancam punah. Pada tahun 2004, *Roundtable on Sustainable Palm Oil* (RSPO) dibentuk untuk mengarahkan kekhawatiran tersebut. Malaysia sejak 1992 telah membatasi ekspansi perkebunan sawit di wilayahnya dengan menerapkan peraturan batas minimum lahan negara sebagai hutan. (sumber : http://id.wikipedia.org)

Tabel 1.3 Komposisi Trigliserida Dalam Minyak Kelapa Sawit (CPO)

Komponen	Jumlah (%)
Tripalmitin	3 – 5
Dipalmito - Stearine	1 – 3
Oleo - Miristopalmitin	0 – 5
Oleo - Dipalmitin	21 – 43
Oleo - Palmitostearine	10 – 11
Palmito - Diolein	32 – 48
Stearo - Diolein	0 – 6
Linoleo - Diolein	3 – 12

(Sumber :Ketern S, 1986)

Minyak Kelapa Sawit (CPO) mempunyai kandungan asam lemak dengan komposisi sebagai berikut :

Tabel 1.4 Komposisi Asam lemak Minyak Kelapa Sawit (CPO).

Jumlah	**Persen (%)**
Asam miristat (C14)	1,0
Asam Palmitat (C16)	43,5
Asam Stearat (C18)	4,3
Asam Oleat (C18)	36,6
Asam linoleat (C18)	9,1

Lanjutan Tabel 1.4

Lainnya	5,5
Total	**100**

(Sumber : http://id.wikipedia.org)

1.2.2 Biodiesel

Biodiesel adalah nama untuk jenis *fatty ester*, umumnya merupakan monoalkyl ester yang terbuat dari minyak tumbuh-tumbuhan (minyak nabati). Minyak nabati yang digunakan sebagai bahan baku biodiesel dapat berasal dari kacang kedelai, kelapa, kelapa sawit, padi, jagung, jarak, papaya dan lain-lain melalui proses transesterifikasi (Mardiah dkk, 2006).

Keuntungan dari biodiesel :

a. Campuran dari 20 % biodisel dengan 80 % petroleum diesel dapat digunakan pada mesin diesel tanpa modifikasi.

b. Industri biodiesel dapat menggunakan lemak atau minyak daur ulang.

Indonesia banyak sekali terdapat tumbuh-tumbuhan penghasil minyak lemak. Tidak kurang dari 50 jenis tumbuhan bisa diolah menjadi sumber bahan bakar alami. Contoh yang populer adalah sawit, kelapa, jarak pagar, dan kapok (randu). Minyak lemak mentah adalah minyak lemak yang diperoleh dari pemerahan atau pengempaan biji sumber minyak (oil seed) tanpa mengalami pengolahan lanjut apa pun, kecuali penyaringan dan pengeringan (untuk menurunkan kadar air). Melalui pengolahan yang disebut transesterifikasi dengan alkohol-alkohol

sederhana seperti metanol dan etanol, proses ini menghasilkan ester alkil asam-asam lemak (atau biodiesel ester alkil) sebagai produk utama dan gliserin sebagai produk samping.Karena metanol lebih murah daripada etanol maupun alkohol-alkohol sederhana lainnya, sehingga metanol paling banyak digunakan dalam transesterifikasi dan produk utamanya adalah ester metil asam-asam lemak (Fatty Acids Methyl Ester/FAME) atau biodiesel ester metil.

Biodiesel yang telah diproduksi secara masal juga harus diketahui standarisasinya.Berikut tabel 1.5 memperlihatkan standar mutu Biodiesel di Indonesia.

Tabel 1.5 Standarisasi mutu Biodiesel Indonesia (RSNI EB 020551)

No	Parameter	Satuan	Batas Nilai	MetodeUji	Metode
1	Berat Jenis pada 40^{o}C	Kg/m^{3}	850-890	ASTMD 1298	ISO3675
2	Viskositas pada 40^{o}C	CSt	2,3-6	ASTMD 445	ISO3104
3	Angka Cetana	-	Min. 51	ASTMD 613	ISO5165
4	Titik Nyala	^{o}C	Min.100	ASTM D93	ISO2710
5	Titik Kabut	^{o}C	Maks.18	ASTMD	-
6	Korosi Bilah Tembaga	-	Maks.51	ASTMD	ISO2160
7	Residu Karbon Dalam contoh asli	%b	Maks. 0,05 Maks.	ASTMD	ISO
8	Air dan Sedimen	%vol	Maks.	ASTMD	
9	Temperatur Destilasi	^{o}C	Maks. 360	ASTMD	-
10	Abu Tersulfatkan	%b	Maks.	ASTMD	ISO3987
11	Belerang	ppm bmg/kg	Maks.100	ASTMD	prENISO

12	Fosfor	ppm bmg/kg	Maks.10	AOCSCa	FBI-A05-
13	Angka Asam	Mg KOH/g	Maks. 0,8	AOCS Cd3-	FBI-A01-
14	Gliserol Bebas	%b	Maks.0,02	AOCSCa	FBI-A02-
15	GliserolTotal	%b	Maks.	AOCSCa	FBI-A02-
16	Kadar EsterAlkil	%b	Min. 96,5	Dihitung	FBI-A03-
17	Angka Iodium	%b(gI_2/100g)	Min.115	AOCS Cd1-	FBI-A04-
18	Uji Halphen	-	Negatif	AOCS Cd1-	FBI-A06-

1.2.3 Macam – Macam Proses

A. Pirolisis

Pirolisis merupakan reaksi dekomposisi termal. Biasanya berlangsung tanpa oksigen. Pirolisis minyak nabati biasanya menggunakan garam logam sebagai katalis. Proses ini dapat menghasilkan biodiesel dengan *centane* number yang tinggi. Namun, menurut standar baku mutu biodiesel yang semakin ketat, viskositas biodiesel yang dihasilkan dengan pirolisis dianggap terlalu tinggi dan karakteristik titik tuang yang rendah. Abu dan residu karbon yang dihasilkan dari proses tersebut jauh melebihi nilai diesel fosil. Selain itu, sifat aliran dingin dari minyak nabatinya juga buruk (Hidayat, 2009).

B. Mikroemulsifikasi

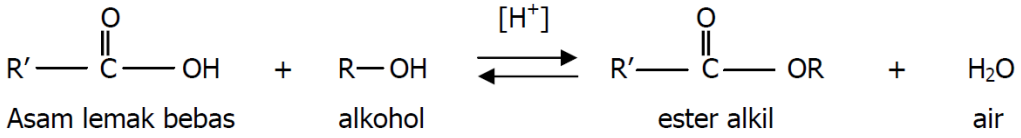
Mikroemulsifikasi merupakan pembentukan dispresi stabil secara termodinamis dari dua cairan yang tidak mudah larut. Proses ini berlangsung dengan satu atau lebih banyak surfaktan. Penurunan diameter dalam mikroemulsifikasi berkisar 100-1.000 Å. Suatu mikroemulsi minyak nabati dapat lakukan dengan menggunakan pelarut metanol, etanol atau 1-butanol. Hal tersebut

dikarenakan bahwa mikroemulsifikasi minyak nabati dan alkohol tidak dapat direkomendasikan untuk jangka panjang, terutama untuk mesin diesel dengan alasan yang diterapkan pada minyak nabati yang efisien. Bahan bakar dari proses ini memproduksi tingkat pembakaran yang tidak sempurna, membentuk deposit karbon dan meningkatkan kekentalan minyak pelumas. Mikroemulsifikasi menunjukan nilai pemanasan volumetrik yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar diesel hidrokarbon akibat kandungan alkoholnya yang tinggi.

C. Esterifikasi

Esterifikasi adalah tahap konversi dari asam lemak bebas menjadi metil ester. Esterifikasi mereaksikan minyak lemak dengan alkohol. Katalis-katalis yang dapat adalah zat berkarakter asam kuat. Asam sulfat, asam sulfonoat organik atau resin penukar kation asam kuat merupakan katalis-katalis yang biasa terpilih dalam praktek industrial. Untuk mendorong agar reaksi bisa berlangsung ke konversi yang sempurna pada temperatur rendah (misalnya paling tinggi 120^{o}C) reaktan metanol harus ditambahkan dalam jumlah yang sangat berlebih (biasanya lebih besar 10 kali nisbah stoikiometrik).

Reaksi esterifikasi dari asam lemak menjadi metil ester adalah sebagai berikut:

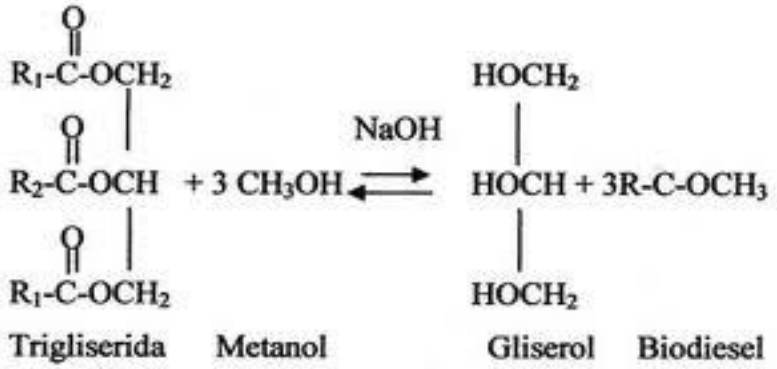


Gambar 1.1 Reaksi esterifikasi dari asam lemak menjadi metil ester

Esterifikasi biasa dilakukan untuk membuat biodiesel dari minyak berkadar asam lemak bebas tinggi. Pada tahap ini, asam lemak bebas akan dikonversikan menjadi metil ester. Tahap esterifikasi biasa diikuti dengan tahap transesterfikasi. Namun sebelum produk esterifikasi diumpankan ke tahap transesterifikasi, air dan bagian terbesar katalis asam yang dikandungnya harus dipisahkan terlebih dahulu (Hikmah, 2010).

D. Transesterifikasi

Transesterifikasi (biasa disebut dengan alkoholisis) adalah tahap konversi dari trigliserida (minyak nabati) menjadi alkyl ester melalui reaksi dengan alkohol dan menghasilkan produk samping yaitu gliserin. Di antara alkohol-alkhol monohidrik yang menjadi sumber pemasok gugus alkyl, metanol adalah yang umum digunakan karena harganya murah dan reaktifitasnya paling tinggi (sehingga reaksi ini disebut metanolisis). Jadi, di sebagian besar dunia ini biodiesel praktis indentik dengan ester metil asam-asam lemak (Fatty Acids Metil Ester, FAME). Reaksi transtesterifikasi trigliserida menjadi metil ester dapat dilihat pada gambar 1.2.



Gambar 1.2 Reaksi transesterifikasi dari trigliserida menjadi metil ester asam lemak

Transesterifikasi juga menggunakan katalis dalam reaksinya. Tanpa adanya katalis, konversi yang dihasilkan maksimum namun reaksi berjalan dengan lambat. Katalis yang biasa digunakan ada beberapa jenis untuk mendapatkan produk biodiesel terbaik. Reaksi transesterifikasi sebenarnya berlangsung pada 3 tahap yang ditampilkan berikut ini :

1) $Trigliserida\ (TG)+CHOH \xleftarrow{katalis} \rightarrow Digliserida(DG)+R1COOCH$

2) $Digliserida(DG)+CHOH \xleftarrow{katalis} \rightarrow Monogliserida(MG)+R2COOCH$

3) $Monogliserida(MG)+CHOH \xleftarrow{katalis} \rightarrow Gliserin(GL)+R3COOCH$

Produk yang diingikan dari reaksi transesterifikasi adalah metil ester asam lemak adapun beberapa cara agar kesetimbangan lebih ke arah produk, yaitu :

a) Menambahkan metanol berlebih dalam reaksi
b) Memisahkan gliserin
c) Menurunkan temperatur reaksi (transesterifikasi merupakan reaksi eksoterem)

Ada tiga macam proses pembuatan biodiesel dengan reaksi transesterifikasi, yaitu:

a. Transesterifikasi minyak nabati dengan katalis basa.

   Transesterifikasi ini menggunakan katalis basa kuat seperti NaOH atau KOH. Reaksi transesterifikasi ini memerlukan temperatur reaksi relatif rendah dan berlangsung dengan cepat.

b. Transesterifikasi minyak nabati dengan katalis asam.

   Transesterifikasi ini menggunakan katalis H2SO4 atau HCL. Reaksi ini memerlukan waktu reaksi yang lebih tinggi dari transesterifikasi dengan katalis basa.

c. Transesterifikasi minyak nabati menjadi asam lemak bebasnya, kemudian menjadi biodiesel.

Perbandingan ketiga proses transesterifikasi di atas dapat dilihat pada tabel 1.6 di bawah ini.

Tabel 1.6 Perbandingan reaksi Transesterifikasi

No	Parameter	Transesterif	Transesterif	Konversiminya
1	Katalis	NaOH/KOH	H_2SO_4	H_2SO_4/HCl
2	Konversireaksi	98%	97%	90%
3	Temperaturreaksi	80^oC	100^oC	210-230^oC
4	Tekananoperasi	1atm	>1atm	1atm
5	Waktureaksi	1-3jam	1-3jam	1-3jam

(Swern,2:130-133, kirk Othmer9:306-308)

Dari perbandingan di atas dipilih transesterifikasi dengan katalis basa dengan alasan sebagai berikut :

1. Konversi reaksinya paling besar yaitu 98 %.
2. Tekanan operasi rendah.
3. Temperatur reaksi rendah.
4. Terdiri dari satu tahap produksi.

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1. Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

2.1.1 *CPO*

Rumus Kimia	: $C_{57}H_{104}O_6$
Berat Molekul	: 890,275 g/gmol
Triolein	: 95,2%
Asam Oleat (FFA)	: 4,5%
Air	: 0,3%
Densitas	: 0,895 g/cm^3
Titik didih	: 298 ^{0}C
Viskositas	: 27 cp pada 25 ^{0}C, 1 atm
Kelarutan	: Tidak larut dalam air

2.1.2 *Methanol*

Rumus Kimia	: CH_3OH
Berat Molekul	: 32,037 g/gmol
Densitas	: 791 g/cm^3
Titik didih	: 64,7 ^{0}C pada 1 atm
Viskositas	: 0,55 cp pada 20 ^{0}C
Tekanan Uap	: 12,8 kPa pada 20 ^{0}C
Titik Beku	: -97,8 ^{0}C
Kelarutan	: Larut dalam air

2.1.3 *Sodium Hydroxide*

Rumus Kimia	: NaOH
Berat Molekul	: 39,9972 g/gmol
Densitas	: 2,13 g/cm^3
Titik didih	: 1390 ^{0}C pada 1 atm
Tekanan Uap	: 1 mmHg pada 739 ^{0}C
Titik Beku	: 318 ^{0}C
Kelarutan	: Larut dalam air

2.1.4 **Asam klorida**

Rumus Kimia	: HCl
Berat Molekul	: 36,46 g/gmol
Densitas	: 1 – 1,2 g/cm^3
Titik didih	: 81,5 - 110 ^{0}C pada 1 atm
Tekanan Uap	: 5,6 mmHg
Titik Beku	: - 74 ^{0}C
Densitas Uap	: 1,26 g/cm^3
Kelarutan	: Larut dalam air

2.1.5 Biodiesel

Rumus Kimia	: $C_{19}H_{37}O_2$
Berat Molekul	: 296,4879 g/gmol
Densitas	: 0,8379 g/cm^3
Titik didih	: 218,5 ^{0}C pada 20 mmHg
Viskositas	: 4,88 cp pada 30 ^{0}C
Tekanan Uap	: 6,29 x 10^{-6} mmHg, pada 25 ^{0}C
Kelarutan	: Larut dalam air

2.1.6 Gliserol

Rumus Kimia	: $C_3H_8O_3$
Berat Molekul	: 92,0542 g/gmol
Densitas	: 1,4746 g/cm^3
Titik didih	: 290,5 ^{0}C
Tekanan Uap	: 0,0025 mmHg, pada 5 ^{0}C
Titik Beku	: 20 ^{0}F
Densitas Uap	: 3,17 g/cm^3
Kelarutan	: Larut dalam air

2.2 Pengendalian Kualitas

2.2.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas dari bahan baku dimaksudkan untuk menjaga spesifikasi bahan baku yang digunakan agar sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan dalam desain. Evaluasi yang digunakan untuk kualitas bahan baku yaitu sesuai standar yang telah digunakan (ASTM 1972).

2.2.2 Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian produksi dilakukan untuk menjada kualitas produk yang akan dihasilkan, dan sudah harus dilakukan sejak dari bahan baku sampai menjadi produk. Selain pengawasan mutu bahan baku, bahan pembantu, produk setengah jadi maupun produk penunjang mutu proses. Semua pengawasan mutu dapat dilakukan analisa dilaboratorium maupun menggunakan alat kontrol.

2.2.3 Pengendalian Proses

Pengendalian dan pengawasan jalannya operasi dilakukan dengan alat pengendalian yang berpusat di *control room*, dilakukan dengna cara *automatic control* yang menggunakan indikator. Apabila terjadi penyimpangan pada indikator yang telah di *sett* baik itu *flow rate* bahan baku atau produk, *level control*, maupun *temperature control,* dapat diketahui dari sinyal atau tanda yang diberikan yaitu nyala lampu, bunyi alarm dan sebagainya. Bila terjadi penyimpangan, maka penyimpangan tersebut harus dikembalikan pada kondisi atau *set* semula baik secara manual atau otomatis.

Beberapa alat kontrol yang dijalankan yaitu kontrol terhadap kondisi operasi baik tekanan maupun suhu. Alat kontrol yang harus diatur pada kondisi tertentu antara lain :

a. *Level Control* berfungsi sebagai pengatur ketinggian cairan didalam tanki. *Level Control* akan memberikan isyarat berupa suara dan nyala lampu ketika ketinggian cairan didalam tangki tidak sesuai kondisi yang telah ditetpkan.
b. *Flow Rate Control* berfungsi untuk mengatur aliran masuk dan keluar proses.
c. *Temperature Control* berfungsi untuk mengatur suhu pada suatu alat.

Selain menggunakan alat–alat tersebut untuk mengendalikan proses, dilakukan pula pengendalian waktu. Pengendalian waktu dengan cara menggunakan proses yang efisien.

2.2.4 Pengendalian Waktu

Untuk mencapai kualitas dan kuantitas yang baik, maka perlu efisiensi waktu yang sudah diperhitungkan untuk mengoptimalkan proses produksi yang sedang berlangsung.

2.2.5 Pengendalian Bahan Proses

Apabila ingin mencapai kapasitas produksi yang diinginkan, maka bahan baku untuk kebutuhan proses harus mencukupi. Karena pengendalian bahan proses berperan penting agar tidak terjadi kekurangan selama proses berlangsung.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses

Pembuatan *biodiesel* menggunakan proses transesterifikasi menggunakan minyak kelapa sawit (CPO) sebagai bahan baku dan metanol (CH_3OH) serta natrium hidroksida (NaOH) sebagai katalis.Reaksi berlangsung pada suhu 110 °C dan pada tekanan 1 atm secara kontinyu.Proses pembuatan biodiesel terbagi menjadi 3 tahap yaitu :

- Tahap pensiapan bahan baku
- Tahap sintesis produk
- Tahap pemurnian produk

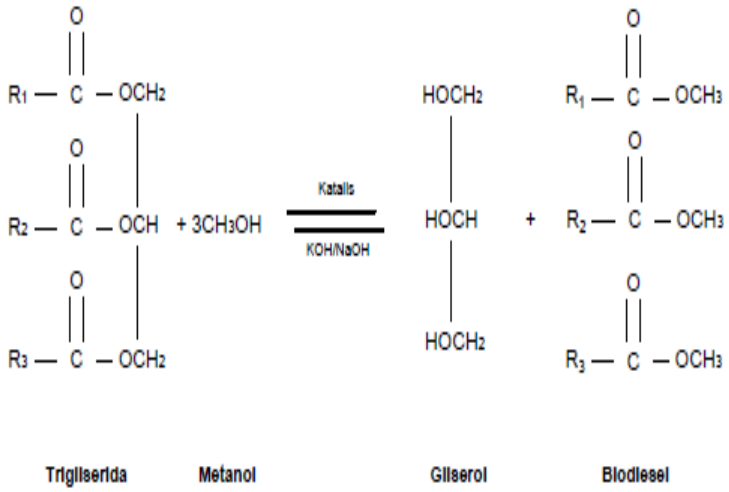
3.1.1 Tahap Penyiapan Bahan Baku

Metanol (CH_3OH) dari tangki penyimpanan bahan baku (T-01) dan natrium hidroksida cair (NaOH) dari tangki penyimpanan (T-02) yang disimpan pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm dialirkan menuju *mixer* (M-01). Kemudian campuran metanol (CH_3OH) dan natrium hidroksida (NaOH)homogen dipanaskan terlebih dahulu menggunakan *heater* (H-01) hingga suhu 110 °C. Campuran lalu dialirkan menuju reaktor alir tangki berpengaduk atau RATB (R-01).

3.1.2 Tahap Sintesis Produk

Minyak kelapa sawit (CPO) dari tangki penyimpanan bahan baku (T-03) dan campuran dari*mixer* berupa metanol (CH_3OH) dan natrium hidroksida (NaOH)dialirkan menuju reaktor alir tangki berpengaduk (R-01) untuk direaksikan pada temperature 110 °C dengan tekanan 1 atm dan konversi reaksi sebesar 80 %.

Reaksi transesterifikasi yang berjalan pada reaktor berlangsung pada fase cair menggunakan Reaktor Alir Tangki Berpengaduk atau RATB. Reaksi berjalan secara isothermal.Sifat dari reaksi transesterifikasi adalah *reversible* eksotermis sehingga suhu reaksi harus dipertahankan untuk menghindari terjadinya reaksi samping.Untuk menjaga supaya reaksi tidak kembali ke kiri dilakukan penambahan methanol berlebih pada reaksi. Agar suhu reaksi berjalan tetap pada 110 °C maka reaktor dilengkapi dengan jaket pendingin. Reaksi yang terjadi dalam reaktor adalah



Gambar 3.1 Reaksi transesterifikasi didalam reaktor

Reaksi transesterifikasi yang terjadi didalam reaktor adalah reaksi transesterifikasi-katalis basa.Pemilihan ini dikarenakan proses transesterifikasi menggunakan katalis basa umumnya berlangsung lebih cepat dikarenakan reaksi berlangsung searah (Freedman, *et al.*, 1986).

Produk dari reaksi adalah *biodiesel* (metil ester) dan gliserolkeluar dari reaktor pada suhu 110 °C, tekanan 1 atm. Sebelum dialirkan menuju Netralizer (N-01) produk didinginkan terlebih dahulu menggunakan pendingin atau *cooler* (C-01).Asam klorida (HCl) 36% ditambahkan pada netralizer untuk menghilangkan NaOH yang terkandung dalam larutan.Pada neutralizer terjadi reaksi antara natrium hidroksida (NaOH) dan asam klorida (HCl) membentuk garam (NaCl) dan air.Reaksi pada netralizer berlangsung pada suhu 40 °C tekanan 1 atm dan pH 7,5 – 8.

3.1.3 Tahap Pemurnian Produk

Produk dari netralizer selanjutnya dipisahkan menggunakan decanter 1 (D-01). Pemisahan menggunakan dekanter dikarenakan perbedaan densitas dan kelarutan dari campuran minyak dan air dari arus yang keluar dari netralizer.Perbedaan densitas dan kelarutan dari kedua campuran menyebabkan terjadinya dua lapisan didalam dekanter.Lapisan atas atau *light stream* merupakan campuran yang memiliki densitas lebih ringan yaitu campuran biodiesel.Lapisan bawah atau *heavy stream*merupakan campuran yang memiliki densitas lebih berat atau *heavy stream*berupa campuran air.

Sedikit metil ester, gliserol, methanol, air, NaCl, Trigliserida, dan FFAterpisahdan keluar melalui bagian bawah dekanter sebagai fase berat atau *heavy stream*kemudian di pompa masuk ke evaporator 2 (EVP-02). Pada evaporator 2 metanol yang terlarut dalam campuran gliserol diuapkan kemudian di*recovery* dan digunakan kembali menjadi umpan yang disimpan pada tangki penyimpanan bahan baku(T-01) melalui unit pengolahan lanjut.

Fraksi ringan yang keluar dari dekanter mengandungmetil ester, gliserol, methanol, air, NaCl, Trigliserida, dan FFA dialirkan menuju *washing tower* (WT-01) untuk dicuci menggunakan air suhu 40 °C untuk melarutkan bahan – bahan yang terikut pada produk *biodiesel* yaitu methanol, air, gliserol, dan NaCl. Setelah dilakukan pencucian, biodiesel dialirkan menuju dekanter 2 (D-02) untuk dipisahkan komponen biodiesel dengan campuran pengotornya.Pada dekanter 2, air mengandung methanol, gliserol, dan NaClakan terpisah dan keluar melalui bagian bawah dekanter sebagai fase berat atau *heavy stream* yang akan diproses lebih lanjut di Unit Pengolahan Limbah (UPL). Triolein, metil oleat, dan gliserol yang mengandung sedikit air akankeluar melalui bagian atas dekanter sebagai fraksi ringan atau *light stream* yang akan dialirkan menuju evaporator 1 (EVP-01) untuk menghilangkan kandungan air yang masih terdapat dalam produk biodiesel. Biodiesel yang keluar dari evaporator 1 (EVP-01) didinginkan hingga suhu 50 °C selanjutnya ditampung pada tangki penyimpanan (T-04) sebagai produk utama.

3.2 Spesifikasi Alat

Sperisifikasi alat pada pabrik biodiesel dirancang berdasarkan pertimbangan efisiensi dan optimasi proses. Berikut adalah spesifikasi masing – masing alat yang digunakan pada pabrik biodiesel dari minyak jarak :

3.2.1 Spesifikasi Alat Proses

1) *Mixer* (M-01)

Fungsi : Mencampur NaOH dan Metanol

Jenis : Tangki silinder tegak berpengaduk

Jumlah :1 buah

Kondisi operasi : - Tekanan = 1atm

- Suhu = 30 °C

Bahan konstruksi :*Carbon steel SA 283 Grade C*

Dimensi mixer :

Diameter mixer =1,2548 m

Tinggi mixer =1,8822 m

Tebal *shell* =0,0048 m

Tebal *head* = 0,0048 m

Jenis *head* =*Torispherical*

Pengaduk *mixer* :

Jenis =*Six blade turbine*

Jumlah *baffle* = 4buah

Diameter pengaduk =0,4540 m

Jumlah pengaduk = 1 buah

Lebar *baffle* =0,0772 m

Efisiensi/putaran =80%/2,1235 rps

Daya motor =0,8064 Hp

Harga :$90,747

2) Reaktor (R-01)

Fungsi : Mereaksikan minyak kelapa sawit dengan metanol menggunakan katalis NaOH

Jenis :Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi : - Tekanan = 1atm

- Suhu = 110 °C

- Isothermal

Bahan konstruksi :*Carbon steel SA 283 Grade C*

Dimensi Reaktor :

Diameter reaktor = 1,97 m

Tinggi reaktor = 3,46 m

Volume reaktor = 9,7866 m^3

Tebal *shell* =0,0048 m

Tebal *head* = 0,0048 m

Jenis *head* =*torispherical*

Jaket Pendingin :

Tinggi Jaket = 3,46 m

Tebal Jaket = 0,5848 m

Diameter Jaket =124,0473 in

Pengaduk reaktor :

Jumlah *baffle* =4 buah

Jumlah *blade* = 6 buah

Lebar *baffle* = 0,11 m

Jenis pengaduk = flat *blade turbine*

Jumlah pengaduk = 1 buah

Diameter pengaduk =0,66 m

Tenaga pengaduk = 5 Hp

Efisiensi / putaran = 80% / 2,0833 rps

Harga :$69,679

3) *Netralizer* (N-01)

Fungsi : Menetralkan NaOH menggunakan HCl sehingga diperoleh NaCl.

Jenis : Tangki silinder tegak berpengaduk

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi : - Tekanan = 1 atm
- Suhu =40 °C

Bahan konstruksi : *StainlessSteel SA 283 Grade C*

Dimensi netralizer :

Diameter =1,6416 m

Tinggi = 2,4624 m

Tebal *shell* = 0,0048 m

Tebal *head* =0,0048 m

Jenis *head* =*torispherical*

Pengaduk netralizer :

Jenis = flat *blade turbine*

Jumlah *baffle* =4 buah

Diameter pengaduk = 0,5588 m

Jumlah Pengaduk = 1 buah

Lebar *baffle* =0,0466 m

Efisiensi / putaran = 80% / 2,0833 rps

Daya motor = 5 Hp

Harga :$89,321

4) Decanter 1 (DC-01)

Fungsi :Memisahkankomponen biodiesel dari campurannya berdasarkan densitas komponennya

Jenis :Horizontalsilinder

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi : - Tekanan = 1 atm

- Suhu =40 °C

Bahan konstruksi :*Carbon steel SA 283 Grade C*

Dimensi :

Diameter = 1,2704 m

Tinggi = 6,3521 m

Tebal *shell* = 0,8075 m

Volume = 8,5886 m^3

Waktu tinggal =52,4192 menit

Harga :$81,859

5) Decanter 2(DC-02)

Fungsi :Memisahkan biodiesel dari campurannya berdasarkan densitas komponennya

Jenis : Horizontal silinder

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi : - Tekanan = 1 atm

- Suhu = 40 °C

Bahan konstruksi :*Carbon steel SA 283 Grade C*

Dimensi :

Diameter =0,8851 m

Tinggi = 4,4257 m

Tebal *tangki* = 0,7946 in

Volume = 2,034 m^3

Waktu tinggal = 25,7903 menit

Harga :$62,108

6) *Washing Tower* (WT-01)

Fungsi : Mencuci biodiesel dari dekanter 1 menggunakan air pencuci

Jenis :Tangki silinder tegak berpengaduk

Jumlah : 1

Kondisi operasi : - Tekanan =1 atm

- Suhu = 40 °C

Bahan konstruksi :*Carbon steel SA 283 Grade C*

Dimensi :

Diameter = 1,8005 m

Tinggi = 2,7008 m

Tebal *shell* = 0,0048 m

Tebal *head* = 0,0048 m

Volume = 5,7308 m^3

Jenis *head* =*Torispherical*

Waktu tinggal = 1 jam

Pengaduk *washing tower* :

Jenis = *flatblade turbin*

Jumlah *baffle* = 4 buah

Diameter pengaduk = 0,6096 m

Jumlah pengaduk = 1 buah

Lebar *baffle* =0,1524 m

Efisiensi/putaran = 80% / 2.0833 rps

Daya motor =7,5 Hp

Harga :$103,257

7) Evaporator 1 (EVP-01)

Fungsi : Menguapkan air yang terkandung dalam produk Biodiesel sehingga diperoleh Biodiesel 99%

Jenis :Silindervertikal dengan alas dan tutup*torisphericaL*.

Jumlah :1 buah

Kondisi operasi : - Tekanan = 1 atm

- Suhu = 110°C

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 283 Grade C*

Dimensi Evaporator :

Diameter = 0,9788m

Tinggi =1,4682 m

Tebal = 0,0349 m

Tutup dan Alas :

Diameter = 0,9788 m

Tebal = 0,0048 m

Jumlah Tube : 56 buah

Harga :$30,725

8) Evaporator 2 (EVP-02)

Fungsi : Menguapkan air dan methanol yang tercampur dalam gliserol.

Jenis : Silinder vertikal dengan alas dan tutup *torispherical*

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi : - Tekanan = 1 atm

- Suhu = 95 °C

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 283 Grade C*

Dimensi Evaporator :

Diameter = 0,08772 m

Tinggi =1,3158 m

Tebal = 0,0349 m

Tutup dan Alas :

Diameter = 0,8772 m

Tebal = 0,0048 in

Jumlah Tube : 52 buah

Harga :$43,234

9) Tangki Penyimpanan *Methanol* (T-01)

Fungsi : Menyimpan bahan baku*methanol* untuk kebutuhan produksi 10 hari.

Jenis : Tangki silinder tegak dengan tutup atas *Torispherical*

Jumlah : 1 buah

Kondisi : - Tekanan = 1 atm

- Suhu = 30 °C

Bahan konstruksi :*Carbon steel SA 283 Grade C*

Dimensi Tangki :

Diameter = 7,6119 m

Tinggi = 11,4178 m

Tebal =0,375 in

Volume : 433,0218 m^3

Harga :$121,692

10) Tangki Penyimpanan *Natrium Hidroksida* (T-02)

Fungsi : Menyimpan bahan baku*Natrium Hidroksida* untuk kebutuhan produksi 15 hari

Jenis : Tangki silinder tegak dengan alas vertikal tutup atas *torisphericaldan* tutup bawah datar

Jumlah : 1 buah

Kondisi : - Tekanan = 1 atm

- Suhu = 30 °C

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA 283 Grade C*

Dimensi Tangki :

Diameter = 2,2028 m

Tinggi = 3,3042 m

Tebal = 1/4 in

Volume :10,4947 m^3

Harga :$25,897

11) Tangki Penyimpanan Minyak Kelapa Sawit (T-03)

Fungsi : Menyimpan bahan bakuminyak kelapa sawit untuk kebutuhan produksi 7 hari

Jenis :Tangki silinder tegak dengan alas vertikal tutup atas*torispherical*.

Jumlah : 1 buah

Kondisi : - Tekanan = 1 atm

- Suhu = 30 °C

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 283 Grade C*

Dimensi Tangki :

Diameter = 10,4871 m

Tinggi = 15,3707 m

Tebal = 1/2 in

Volume : 1132,4198 m^3

Harga :$234,715

12) Tangki Penyimpanan Larutan HCl (T-04)

Fungsi	: Menyimpan larutan HCl untuk kebutuhan Proses netralisasi pada produksi 15 hari
Jenis	: Tangki silinder tegak dengan alas vertikal tutup atas*torispherical*
Jumlah	: 1 buah
Kondisi	: - Tekanan = 1 atm - Suhu = 30 °C
Bahan konstruksi	: *Stainless steel SA 283 Grade C*
Dimensi Tangki	:
Diameter	= 2,9172 m
Tinggi	= 4,3758 m
Tebal	= 1/4 in
Volume	: 24,3742 m^3
Harga	:$34,675

13) Tangki Penyimpanan Biodiesel (T-05)

Fungsi : Menyimpan produk *biodiesel* hasil produksi 3 hari.

Jenis : Tangki silinder tegak dengan alas vertikal dan tutup atas *torispherical.*

Kondisi : - Tekanan = 1 atm

- Suhu = 30 °C

Bahan konstruksi :*Carbon Steel SA 283 Grade C*

Dimensi Tangki :

Diameter = 2,9172 m

Tinggi = 4,3758 m

Tebal = 1/4 in

Volume : 24,3742 m^3

Harga :$89,650

14) Tangki Penyimpanan *Crude Glycerol* (T-06)

Fungsi :Menyimpan produk *crude glycerol* selama 15 hari

Jenis : Tangki silinder tegak dengan alas vertikal dan tutup *torispherical.*

Jumlah : 1 buah

Kondisi : - Tekanan = 1 atm

- Suhu = 30 °C

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Dimensi Tangki :

Diameter = 9,5621 m

Tinggi = 14,3431 m

Tebal = 7/16 in

Volume : 858,4048 m^3

Harga :$97,441

15) *Heater* 1 (HE-01)

Fungsi :Memanaskan Metanol dan NaOH dari suhu 30 ^oC ke 110 ^oC sebelum masuk ke Reaktor (R-01)

Jenis : *Double pipe Heat Exchanger*

Jumlah : 1 buah

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Dimensi *Heater* :

- *Inner*

  Diameter luar = 1,25 in

  Diameter dalam = 2 in

  Pressure drop = 0,0188 psia

- *Annulus*

  Diameter luar =2,067 in

  Diameter dalam = 1,66 in

  Pressure drop = 22,8535 psia

Luas transfer panas :8,5005 ft^2

Koefisien transfer panas bersih (Uc) : 19,5971 Btu/jam.ft^2.^oF

Koefisien transfer panas kotor (Ud) : 100 Btu/lb.ft^2.^oF

Faktor kotor total (Rd) : 0,0410 jam.ft^2.^oF/Btu

Harga :$1,427

16) *Heater*2 (HE-02)

Fungsi :Memanaskan bahan baku minyak jarak untuk diumpankan ke dalam R-01 dari suhu 30 ^{o}C menjadi suhu 110^{o}C

Jenis : *Double pipe Heat Exchanger*

Jumlah : 1 buah

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Dimensi *Heater* :

- *Inner*

  Diameter luar = 1,25 in

  Diameter dalam = 2 in

  Pressure drop = 0,4068 psia

- *Annulus*

  Diameter luar =2,067 in

  Diameter dalam = 1,66 in

  Pressure drop = 1,2244 psia

Luas transfer panas : 26,357 ft^2

Koefisien transfer panas bersih (Uc) : 5,5177 Btu/jam.ft^2.^{o}F

Koefisien transfer panas kotor (Ud) : 6 Btu/lb.ft^2.^{o}F

Faktor kotor total (Rd) : 0,0146 jam.ft^2.^{o}F/Btu

Harga :$5,377

17) *Heater*3 (HE-03)

Fungsi :Memanaskan bahan bakuHCl untuk diumpankan ke dalam N-01 dari suhu 30 ^{0}C menjadi suhu 40 ^{0}C

Jenis : *Double pipe Heat Exchanger*

Jumlah : 1 buah

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Dimensi Heater :

- *Inner*

  Diameter luar = 1,25 in

  Diameter dalam = 2 in

  Pressure drop = 0,0001 psia

- *Annulus*

  Diameter luar =2,067 in

  Diameter dalam = 1,66 in

  Pressure drop = 0,0416 psia

Luas transfer panas : 0,1186 ft^2

Koefisien transfer panas bersih (Uc) : 0,2684 Btu/jam.ft^2.^{o}F

Koefisien transfer panas kotor (Ud) : 100 Btu/lb.ft^2.^{o}F

Faktor kotor total (Rd) : 3,7153 jam.ft^2.^{o}F/Btu

Harga :$5,377

18) *Cooler* 1 (CL-01)

Fungsi :Mendinginkan campuran hasil R-01 dari suhu 110^{o}C menjadi suhu 40 ^{o}C untuk dialirkan ke N-01

Jenis : *Double pipe Heat Exchanger*

Jumlah : 1 buah

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Dimensi *Heater* :

- *Inner*

  Diameter luar = 2 in

  Diameter dalam = 1.25 in

  Pressure drop = 0,0275 psia

- *Annulus*

  Diameter luar = 2,0670 in

  Diameter dalam = 1,66 in

  Pressure drop = 0,3092 psia

Luas transfer panas :157,729 ft^2

Koefisien transfer panas bersih (Uc) : 897002 Btu/jam.ft^2.^{o}F

Koefisien transfer panas kotor (Ud) : 7 Btu/lb.ft^2.^{o}F

Faktor kotor total (Rd) : 0,1314 jam.ft^2.^{o}F/Btu

Harga :$30,834

19) *Cooler*2 (CL-02)

Fungsi : Mendinginkan campuran Evaporator-01 dari suhu 95 ^{o}C menjadi suhu 50^{o}C untuk dialirkan ke tangki penyimpanan

Jenis : *Shell and Tube Heat Exchanger*

Jumlah : 1 buah

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Dimensi *Heater* :

- *Shell*

  ID = 10 in

  Pitch = 1 in*triangular pitch*

  Baffle =5 in

  Pressure drop = 97.5211 psia

- *Tube*

  OD = 0.7500 in

  ID =10 in

  BWG = 14

  L = 20 ft

  Nt = 56 buah

  Pressure drop = 0.0079 psia

Luas transfer panas : 219,7920 ft^2

Koefisien transfer panas bersih (Uc) : 157,3146 Btu/jam.ft^2.^{o}F

Koefisien transfer panas kotor (Ud) : 7 Btu/lb.ft^2.^{o}F

Faktor kotor total (Rd) : 0,1365 jam.ft^2.^{o}F/Btu

Harga :$31,603

20) *Cooler*3 (CL-03)

Fungsi :Menurunkan suhu *Crude Glycerol* dari Evaporator-02 dari suhu 95^{o}C menjadi suhu 50^{o}C

Jenis : *Double pipe Heat Exchanger*

Jumlah : 1 buah

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Dimensi *Heater* :

- *Inner*

  Diameter luar =2 in

  Diameter dalam = 1,25 in

  Pressure drop = 0,0045 psia

- *Annulus*

  Diameter luar = 2,0670 in

  Diameter dalam = 1,66 in

  Pressure drop = 0,0384 psia

Luas transfer panas :110,3600 ft^2

Koefisien transfer panas bersih (Uc) : 5,4649 Btu/jam.ft^2.^{o}F

Koefisien transfer panas kotor (Ud) : 7 Btu/lb.ft^2.^{o}F

Faktor kotor total (Rd) : 0,0401 jam.ft^2.^{o}F/Btu

Harga :$19,203

21) *Condensor* (CD-01)

Fungsi :Mencairkan uap metanol hasil atas Evaporator-02 sebelum disimpan di tangki penyimpanan

Jenis : *Shell and Tube Heat Exchanger*

Jumlah : 1 buah

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Dimensi *Heater* :

- *Shell*

  ID = 13,25 in

  Pitch = 1 in *triangular pitch*

  Baffle = 5in

  Pressure drop = 0,1511 psia

- *Tube*

  OD = 3/4 in

  ID = 13,25 in

  BWG = 18

  L = 20 ft

  Nt = 90 buah

  Pressure drop = 0,0013 psia

Luas transfer panas : 354,8124 ft^2

Koefisien transfer panas bersih (Uc) : 16,2552 Btu/jam.ft^2.^oF

Koefisien transfer panas kotor (Ud) : 20 Btu/lb.ft^2.^oF

Faktor kotor total (Rd) : 0,0115 jam.ft^2.^oF/Btu

Harga :$31,603

22) Pompa 1 (P-01)

Fungsi :Mengalirkan bahan baku metanol dari tangki supplieer ke tangki penyimpanan T-01

Jenis : *Centrifugal pump (singel stage, singel suction, mixed flow)*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 8,8907 gpm

Head : 3,5791 m

Tenaga Pompa : 0,05 Hp

Putaran Standar : 2900 rpm

Putaran Spesifik : 3323,0403 rpm

Harga :$549

23) Pompa 2 (P-02)

Fungsi : Mengalirkan bahan baku NaOH dari tangki supplieer ke tangki penyimpanan T-02

Jenis : *Centrifugal pump (singel stage, singel suction, mixed flow)*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 0,1713 gpm

Head : 3,0021 m

Tenaga Pompa : 0,05 Hp

Putaran Standar : 2900 rpm

Putaran Spesifik : 526,3125 rpm

Harga :$549

24) Pompa 3 (P-03)

Fungsi : Mengalirkan bahan baku *CPO* dari tangki supplieer ke tangki penyimpanan T-03

Jenis : *Centrifugal pump (singel stage, singel suction, mixed flow)*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 12,3787 gpm

Head : 4,4434 m

Tenaga Pompa : 0,05 Hp

Putaran Standar : 2900 rpm

Putaran Spesifik : 3333,8905 rpm

Harga :$549

25) Pompa 4 (P-04)

Fungsi : Mengalirkan bahan baku HCl dari tangki supplieer ke tangki penyimpanan T-04

Jenis : *Centrifugal pump (singel stage, singel suction, mixed flow)*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 0,2489 gpm

Head : 3,0020 m

Tenaga Pompa : 0,05 Hp

Putaran Standar : 3600 rpm

Putaran Spesifik : 787,4637 rpm

Harga :$549

26) Pompa 5 (P-05)

Fungsi :Mengalirkan Metanol dari T-01 ke M-01

Jenis : *Centrifugal pump (singel stage, singel suction, mixed flow)*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 8,8907 gpm

Head : 3,5791 m

Tenaga Pompa : 0,05 Hp

Putaran Standar : 2900 rpm

Putaran Spesifik : 3323,0403 rpm

Harga :$549

27) Pompa 6 (P-06)

Fungsi :Mengalirkan larutan NaOH dari T-02 ke M-01

Jenis : *Centrifugal pump (singel stage, singel suction, mixed flow)*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 0,1713 gpm

Head : 3,0021 m

Tenaga Pompa : 0,05 Hp

Putaran Standar : 2900 rpm

Putaran Spesifik : 526,3125 rpm

Harga :$549

28) Pompa 7 (P-07)

Fungsi :Mengalirkan umpan minyak kelapa sawit dari T-03 ke R-01

Jenis : *Centrifugal pump (singel stage, singel suction, mixed flow)*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 12,3787 gpm

Head : 4,4434 m

Tenaga Pompa : 0,05 Hp

Putaran Standar : 2900 rpm

Putaran Spesifik : 3333,8905 rpm

Harga :$549

29) Pompa 8 (P-08)

Fungsi	:Mengalirkan bahan hasil dari M-01 ke R-01
Jenis	: *Centrifugal pump (singel stage, singel suction, mixed flow)*
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 9,0620 gpm
Head	: 3,5157 m
Tenaga Pompa	: 0,05 Hp
Putaran Standar	: 2900 rpm
Putaran Spesifik	: 3400,1900 rpm
Harga	:$549

30) Pompa 9 (P-09)

Fungsi	:Mengalirkan bahan hasil dari R-01 ke CO-01
Jenis	: *Centrifugal pump (singel stage, singel suction, mixed flow)*
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 21,3113 gpm
Head	: 4,0824 m
Tenaga Pompa	: 0,08 Hp
Putaran Standar	: 2900 rpm
Putaran Spesifik	: 4661,4338 rpm
Harga	:$768

31) Pompa 10 (P-10)

Fungsi	:Mengalirkan bahan hasil dari CO-01 ke netralizer
Jenis	: *Centrifugal pump (singel stage, singel suction, mixed flow)*
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 21,3113 gpm
Head	: 4,0824 m
Tenaga Pompa	: 0,08 Hp
Putaran Standar	: 2900 rpm
Putaran Spesifik	: 4661,4338 rpm
Harga	:$768

32) Pompa 11 (P-011)

Fungsi	:Mengalirkan larutan HCl dari T-04 ke N-01
Jenis	: *Centrifugal pump (singel stage, singel suction, mixed flow)*
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 0,2489 gpm
Head	: 3,0020 m
Tenaga Pompa	: 0,05 Hp
Putaran Standar	: 3600 rpm
Putaran Spesifik	: 787,4637 rpm
Harga	:$549

33) Pompa 12 (P-012)

Fungsi	:Mengalirkan larutan HCl dari HE-03 ke N-01
Jenis	: *Centrifugal pump (singel stage, singel suction, mixed flow)*
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 0,2489 gpm
Head	: 3,0020 m
Tenaga Pompa	: 0,05 Hp
Putaran Standar	: 3600 rpm
Putaran Spesifik	: 787,4637 rpm
Harga	:$549

34) Pompa 13 (P-13)

Fungsi	:Mengalirkan bahan dari N-01 ke DC-01
Jenis	: *Centrifugal pump (singel stage, singel suction, mixed flow)*
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 21,5487 gpm
Head	: 3,6534 m
Tenaga Pompa	: 0,08 Hp
Putaran Standar	: 2900 rpm
Putaran Spesifik	: 5094,2696 rpm
Harga	:$768

35) Pompa 14 (P-14)

Fungsi	:Mengalirkan hasil atas dari DC-01 menuju WT-01
Jenis	: *Centrifugal pump (singel stage, singel suction, mixed flow)*
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 12,6369 gpm
Head	: 5,0056 m
Tenaga Pompa	: 0,08 Hp
Putaran Standar	: 2900 rpm
Putaran Spesifik	: 3080,5294 rp
Harga	:$768

36) Pompa 15 (P-15)

Fungsi	:Mengalirkan bahan dari WT-01 menuju DC-02
Jenis	: *Centrifugal pump (singel stage, singel suction, mixed flow)*
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 15,9330 gpm
Head	: 3,3796 m
Tenaga Pompa	: 0,05 Hp
Putaran Standar	: 2900 rpm
Putaran Spesifik	: 4644,0936 rpm
Harga	:$549

37) Pompa 16 (P-16)

Fungsi	:Mengalirkanhasil atas dari DC-02 ke EVP-01
Jenis	: *Centrifugal pump (singel stage, singel suction, mixed flow)*
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 12,4920 gpm
Head	: 4,7965 m
Tenaga Pompa	: 0,08 Hp
Putaran Standar	: 2900 rpm
Putaran Spesifik	: 3162,4006 rpm
Harga	:$768

38) Pompa 17 (P-17)

Fungsi	:Mengalirkan produk dari EVP-01 ke tangki Penyimpanan biodiesel (T-05)
Jenis	: *Centrifugal pump (singel stage, singel suction, mixed flow)*
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 12,3830 gpm
Head	: 4,7653 m
Tenaga Pompa	: 0,05 Hp
Putaran Standar	: 2900 rpm
Putaran Spesifik	: 3164,0289 rpm

Harga :$549

39) Pompa 18 (P-18)

Fungsi :Mengalirkan dari tangki produk ke distributor

Jenis : *Centrifugal pump (singel stage, singel suction, mixed flow)*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 12,3830 gpm

Head : 4,7653 m

Tenaga Pompa : 0,05 Hp

Putaran Standar : 2900 rpm

Putaran Spesifik : 3164,0289 rpm

Harga :$549

40) Pompa 19 (P-19)

Fungsi :Mengalirkan hasil bawah dari DC-02 ke UPL

Jenis : *Centrifugal pump (singel stage, singel suction, mixed flow)*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 12,4920 gpm

Head : 4,7965 m

Tenaga Pompa : 0,08 Hp

Putaran Standar : 2900 rpm

Putaran Spesifik : 3162,4006 rpm

Harga :$768

41) Pompa 20 (P-20)

Fungsi :Mengalirkan hasil dari DC-01 ke EVP-02

Jenis : *Centrifugal pump (singel stage, singel suction, Mixed flow)*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 8,9118 gpm

Head : 3,6650 m

Tenaga Pompa : 0,05 Hp

Putaran Standar : 2900 rpm

Putaran Spesifik : 3268,94 rpm

Harga :$549

42) Pompa 21 (P-21)

Fungsi :Mengalirkan bahan hasil dari EVP-02 ke Cooler-03

Jenis : *Centrifugal pump (singel stage, singel suction, mixed flow)*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 1,6860 gpm

Head : 3,4917 m

Tenaga Pompa : 0,05 Hp

Putaran Standar : 2900 rpm

Putaran Spesifik : 1474,1802 rpm

Harga :$549

42) Pompa 22 (P-22)

Fungsi :Mengalirkan bahan hasil dari EVP-02 ke Penyimpanan *Crude Glycerol* (T-06)

Jenis : *Centrifugal pump (singel stage, singel suction, mixed flow)*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 1,6860 gpm

Head : 3,4917 m

Tenaga Pompa : 0,05 Hp

Putaran Standar : 2900 rpm

Putaran Spesifik : 1474,1802 rpm

Harga :$549

43) Pompa 23 (P-23)

Fungsi :Mengalirkan hasil produk samping gliserol ke distributor.

Jenis : *Centrifugal pump (singel stage, singel suction, mixed flow)*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 1,6860 gpm

Head : 3,4917 m

Tenaga Pompa : 0,05 Hp

Putaran Standar : 2900 rpm

Putaran Spesifik : 1474,1802 rpm

Harga :$549

44) Pompa 24 (P-24)

Fungsi :Mengalirkan bahan hasil condensor ke UPL

Jenis : *Centrifugal pump (singel stage, singel suction, mixed flow)*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 1,6860 gpm

Head : 3,4917 m

Tenaga Pompa : 0,05 Hp

Putaran Standar : 2900 rpm

Putaran Spesifik : 1474,1802 rpm

Harga :$549

3.3 Perencanaan Produksi

3.3.1 Analisis Kebutuhan Bahan Baku

Analisis kebutuhan bahan baku berkaitan dengan ketersediaan dari bahan baku terhadap kebutuhan kapasitas pabrik. Bahan baku minyak kelapa sawit diperoleh dari pabrik PT Argo Sarana Nusantara, Medan, Sumatera Utara

sedangkan bahan baku metanol (CH_3OH) diperoleh dari pabrik PT Kaltim Methanol Industry, Bontang, Kaltim. Bahan baku katalis yaitu natrium hidroksida, dan bahan baku untuk penetralan yaitu asam kloridadiperoleh dari PT Asahimas Chemical, Cilegon,Banten. Bahan baku pembuatan biodiesel dengan proses transesterifikasi terdiri dari minyak kelapa sawit, methanol (CH_3OH), natrium hidroksida (NaOH), asam klorida(HCl), dan air (H_2O).

Tabel 3.1 Kebutuhan bahan baku

Komponen	Kebutuhan bahan baku (ton/tahun)
Minyak kelapa sawit	21088,2976
Metanol	13029,0797
NaOH	193,4932
HCl	176,3860
H_2O	566,7713

3.3.2 Analisis Kebutuhan Alat Proses

Analisis kebutuhan alat proses meliputi kemampuan peralatan untukproses, umur atau jam kerja dari peralatan, dan perawatannya. Analisis kebutuhan peralatan proses berfungsi untuk mengetahui anggaran biaya yang diperlukan untuk pembelian maupun perawatan peralatan proses.

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik adalah hal yang penting karena dapat mempengaruhi posisi dalam persaingan dan menentukan kelangsungan hidup dari perusahaan. Ada dua langkah utama yang seharusnya diambil dalam proses penentuan lokasi suatu pabrik, yaitu pemilihan daerah atau teritorial secara umum dan pemilihan berdasarkan size dari jumlah penduduk "community" dan lahan secara luas. (Yamit,1996), Berikut adalah faktor – faktor yang mempengaruhi penentuan lokasi pabrik :

4.1.1 Faktor – Faktor Utama

a. Pemasaran

Lokasi pabrik sebaiknya dekat dengan lokasi pemasaran. Berikut adalah hal yang perlu diperhatikan mengenai pemasaran :

- Daerah pemasaran produk
- Jumlah pesaing "competitor" yang ada dan pengaruhnya
- Kemampuan dari daya serap pasar
- Jarak pemasaran dari lokasi pabrik
- Sistem pemasaran yang digunakan

b. Ketersediaan Bahan Baku

Suatu pabrik sebaiknya dibangun didaerah yang dekat dengan lokasi sumber bahan baku untuk memudahkan pengadaan dan transportasi dari bahan baku. Berikut adalah hal yang perlu diperhatikan mengenai bahan baku :

- Jarak bahan baku dengan pabrik
- Kapasitas dari bahan baku yang ada di sumber
- Penanganan dari bahan baku
- Kemungkinan memperoleh bahan baku dari sumber yang lain

c. Kondisi Iklim

Berikut adalah hal yang perlu diperhatikan mengenai kondisi iklim :

- Keadaan lingkungan alam yang sulit akan menambah biaya konstruksi pembangunan pabrik
- Kecepatan dan arah angin
- Kemungkinan terjadinya gempa bumi
- Pengaruh alam sekitar terhadap perluasan pada masa mendatang

d. Sumber Air

Air merupakan suatu komponen yang sangat penting pada suatu industri kimia. Air digunakan sebagai media pendingin, air umpan *boiler*, air sanitasi dan kebutuhan lainnya. Kebutuhan air di pabrik dapat diperoleh melaui dua sumber yaitu :

- Sumber langsung yaitu sungai atau air tanah
- Instalasi penyediaan air

Berikut adalah hal yang perlu diperhatikan dalam penyediaan air :

- Kapasitas dari sumber air
- Kualitas dari sumber air
- Jarak sumber air dari lokasi pabrik
- Pengaruh musim terhadap kemampuan sumber air untuk menyediakan air sesuai dengan kebutuhan rutin pabrik
- Polusi air tidak boleh melebihi ambang batas yang ditetapkan

e. Sumber Listrik

Dalam pendirian suatu pabrik. Tenaga listrik dan bahan bakar merupakan faktor penunjang yang sangat penting. Berikut adalah hal – hal yang harus diperhatikan dalam pengadaan tenaga listrik dan bahan bakar suatu pabrik :

- Kemungkinan pengadaan tenaga listrik dan bahan bakar di lokasi pabrik untuk sekarang dan masa yang akan datang.
- Harga bahan bakar yang akan digunakan.

f. Kebutuhan Tanah dan Pengembangannya

Dalam pembangunan suatu pabrik topologi tanah akan menentukan biaya penyiapan tanah. Jenis dan keadaan tanah akan menentukan biaya pembangunan gedung.

4.1.2 Faktor – Faktor Khusus

a. Transportasi

Permasalahan transportasi perlu diperhatikan agar kelancaran dari suplai bahan baku dan pemasaran produk dapat terjamin dan dengan biaya operasi serendah mungkin dalam waktu yang singkat. Beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah :

- Jalan raya yang dapat dilalui mobil dan angkutan darat lain.
- Sungai atau laut yang dapat dilaui perahu dan kapal.
- Pelabuhan laut dan lapangan udara yang dekat dengan lokasi pabrik.

b. Tenaga Kerja

Kebutuhan tenaga kerja baik tenaga kerja kasar maupun tenaga ahli sangat berpengaruh terhadap kinerja dan kelancaran perusahaan. Tingkat pendidikan dari masyarakat dan tenaga kerja dapat mendukung pendirian pabrik. Berikut adalah hal – hal yang perlu diperhatikan :

- Kemungkinan memperoleh tenaga kerja yang diinginkan.
- Pendidikan atau keahlian tenaga kerja yang tersedia.
- Penghasilan tenaga kerja disekitar lokasi pabrik.
- Adanya ikatan perburuhan atau peraturan perburuhan.
- Terdapatnya lokasi atau lembaga *training* tenaga kerja.

c. Lingkungan dan Masyarakat

Berikut adalah hal yang perlu diperhatikan mengenai lingkungan dan masyarakat :

- Apakah lokasi pembangungan pabrik berada di pedesaan atau perkotaan.
- Ada tidaknya fasilitas rumah, sekolah dan ibadah.
- Ada tidaknya tempat rekreasi dan kesehatan.

d. Undang – undang danPeraturan Pemerintah (Pusat maupun Daerah)

Berikut adalah hal yang perlu diperhatikan mengenai undang – undang dan peraturan pemerintah :

- Ketentuan – ketentuan mengenai daerah industri.
- Ketentuan – ketentuan mengenai jalan umum bagi industri di daerah pembangunan pabrik.
- Perpajakan dan asuransi.

e. Limbah Pabrik

Buangan dari pabrik harus diperhatikan dengan cermat, terutama dampak terhadap kesehatan masyarakat sekitar lokasi pabrik. Berikut hal – hal yang harus diperhatikan mengenai limbah pabrik :

- Cara menangani limbah agar tidak menimbulkan pencemaran lingkungan.
- Biaya yang diperlukan untuk menangani masalah polusi terhadap lingkungan.

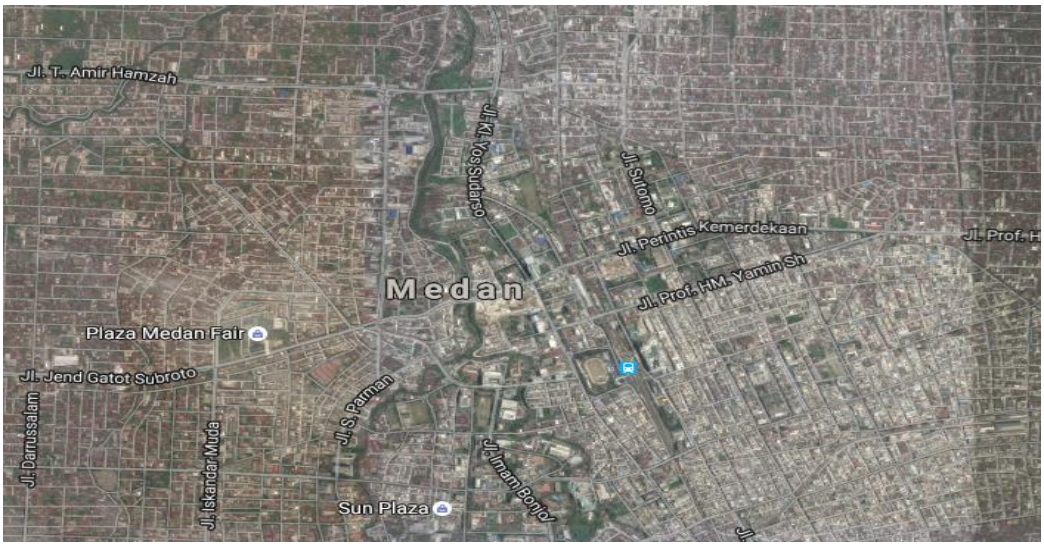
f. Pengontrolan terhadap bahaya banjir dan kebakaran

Berikut adalah hal – hal yang harus perlu diperhatikan dalam pengontrolan terhadap bahaya banjir dan kebakaran :

- Lokasi pabrik harus jauh dari lokasi perumahan penduduk.
- Lokasi pabrik diusahakan tidak berada pada lokasi rawan banjir.

(Lockyer et al,1990)

Berdasarkan faktor – faktor tersebut, maka Pabrik Pembuatan Biodiesel direncanakan berlokasi di daerah Medan, Sumatera Utara.



Gambar 4.1 Lokasi pembangunan pabrik

Berikut adalah dasar pertimbangan dalam pemilihan lokasi :

a. Bahan Baku

Bahan baku utama yaitu minyak kelapa sawit diperoleh dari dalam negeri yaitu dari PT Agro Sarana Nusantara yang terletak di Medan, SumateraUtara.

b. Pemasaran

Dari segi pemasaran, kota Pasuruan relatif strategis karena terletak dekat dengan konsumen yang membutuhkan biodiesel seperti industri dan nelayan yang merupakan salah satu mata pencaharian di kota Medan. Lokasi pelabuhan yang dekat juga menguntungkan dalam pemasaran produk.

c. Transportasi

Lokasi yang dipilih dalam rencana pendirian pabrik merupakan kawasan yang telah memiliki sarana pelabuhan dan pengangkutan darat sehingga pembelian bahan baku dan distribusi produk dapat dilakukan melalui jalan darat atau laut.

d. Kebutuhan Tenaga Listrik dan Bahan Bakar

Tenaga listrik dan bahan bakar merupakan faktor penunjang yang sangat penting. Kebutuhan tenaga listrik untuk operasi pabrik diperoleh dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) Medan. Selain tenaga listrik dari PLN disediakan pula pembangkit listrik cadangan dari generator diesel yang bahan bakar diperoleh dari Pertamina yang ditambah dengan biodiesel produksi dari pabrik sendiri.

e. Kebutuhan Air

Air merupakan komponen penting bagi suatu pabrik industri kimia. Kebutuhan air diperoleh diperoleh dari sungai Deli dan perusahaan penyedia air yaitu PDAM Pasuruan. Air berguna untuk proses, sarana utilitas, dan keperluan domestik.

f. Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan modal utama pendirian pabrik. Lokasi pabrik yang cukup dekat dengan ibukota propinsi Sumatera Utara memudahkan untuk memperoleh tenaga kerja yang cukup banyak.

g. Perluasan dan Ekspansi

Ekspansi pabrik merupakan hal yang memungkinkan karena tanah yang tersedia cukup luas dan disekeliling pabrik belum terdapat pabrik lain sehingga tidak menganggu pemukiman.

h. Kondisi Iklim dan Cuaca

Kondisi cuaca dan iklim sekitar pabrik relatif stabil dan belum pernah terjadi bencana alam yang berarti sehingga memungkinkan pabrik berjalan dengan lancar.

4.2 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik merupakan rencana dari pengaturan yang sangat efektif dari fasilitas – fasilitas fisik dan tenaga kerja untuk menghasilkan produk. Tata letak pabrik meliputi perencanaan kebutuhan ruangan untuk semua aktivitas pabrik meliputi kantor, gudang, kamar dan semua fasilitas lain yang berhubungan dengan proses dalam menghasilkan produk. Tata letak suatu pabrik memiliki peranan penting dalam menentukan biaya konstruksi, biaya produksi, efisiensi dan keselamatan kerja. Oleh karena itu tata letak pabrik harus disusun secara cermat

untuk menghindari kesulitan dikemudian hari. Berikut adalah faktor – faktor yang harus diperhatikan dalam tata letak pabrik :

a. Pabrik yang didirikan merupakan tambahan pabrik yang sebelumnya sudah berdiri atau merupakan pabrik baru sama sekali.
b. Persediaan tanah untuk perluasan pabrik di masa yang akan datang.
c. Cuaca atau iklim lingkungan.
d. Masalah yang menyangkut *safety* seperti kemungkinan terjadi kebakaran, kecelakaan, dan sebagainya.
e. *Plant site* harus mengikuti peraturan daerah setempat.
f. *Waste disposal*.
g. Penggunaan ruang kerja yang efisien.

Plant layout merupakan perletakan peralatan dan bangunan secara keseluruhan meliputi area proses, area penyimpanan, serta area material handling sehingga pabrik dapat beroperasi secara efektif dan efisien. Berikut adalah hal – hal yang perlu diperhatikan dalam pengaturan peralatan dalam pabrik :

- Tata letak ruangan yang cukup antara peralatan untuk memudahkan pengoperasian, pemeriksaan, perawatan, serta dapat menjamin kerja dari peralatan sesuai dengan fungsinya.
- Adanya kesinambungan antar alat.

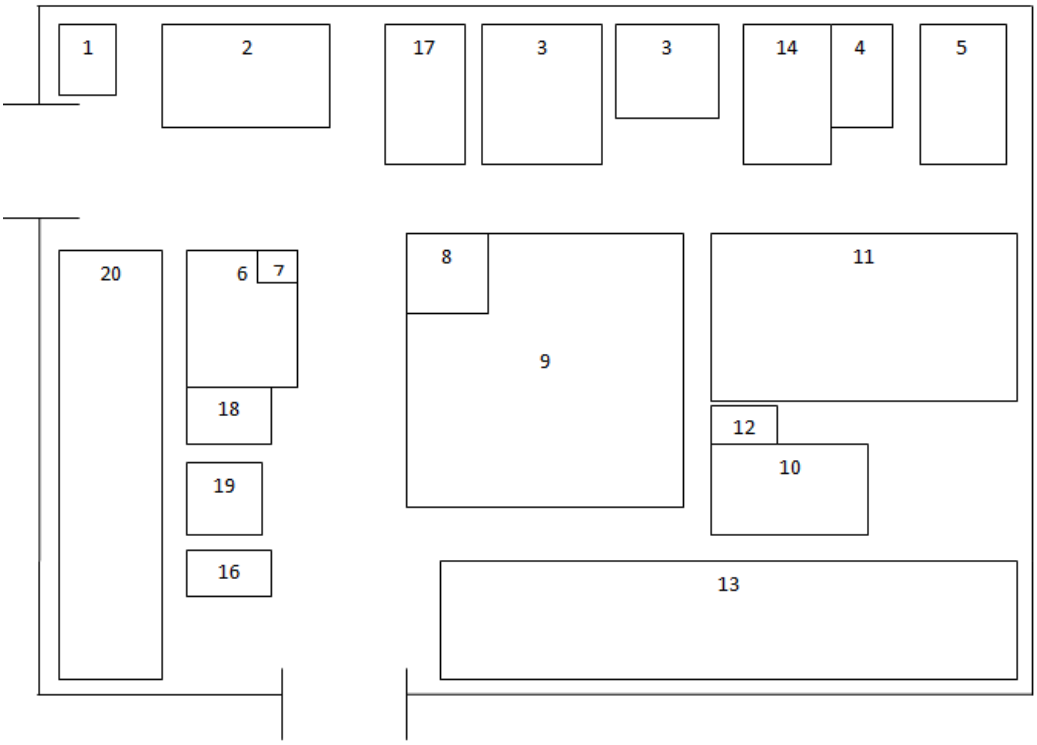
Pabrik biodiesel dari minyak kelapa sawit didirikan di atas tanah seluas 8.000 m^2. Berikut adalah perincian luas tanah bangunan pabrik :

Tabel 4.1 Perincian luas tanah bangunan pabrik

No	Bangunan	Ukuran(m)	Luas (m^2)
1	Pos Jaga	4 x5	20
2	Tempat Parkir	20 x25	500
3	Rumah Timbangan	3 x30	90
4	Bengkel	2 x5	10
5	Pembangkit Listrik	20 x20	400
6	Perkantoran	20 x25	500
7	Laboratorium	12 x15	180
8	Ruang Kontrol	10 x15	150
9	Area Proses	50 x50	2500
10	Unit Pengolahan Limbah	10 x25	250
11	Unit Pengolahan Air	20 x40	800
12	Unit Pembangkit Uap	10 x15	150
13	Daerah Perluasan	18 x100	1800
14	Gudang Peralatan	10 x15	150
15	Gudang Bahan Baku dan Pelengkap	10 x10	100
16	Kantin	5 x10	50
17	Poliklinik	9 x10	90
18	Perpustakaan	8 x10	80
19	Tempat Ibadah	10 x10	100

Lanjutan Tabel 4.1

No	Bangunan	Ukuran (m)	Luas (m^2)
20	Taman Lapangan	4 x 20	80
Jumlah			8000



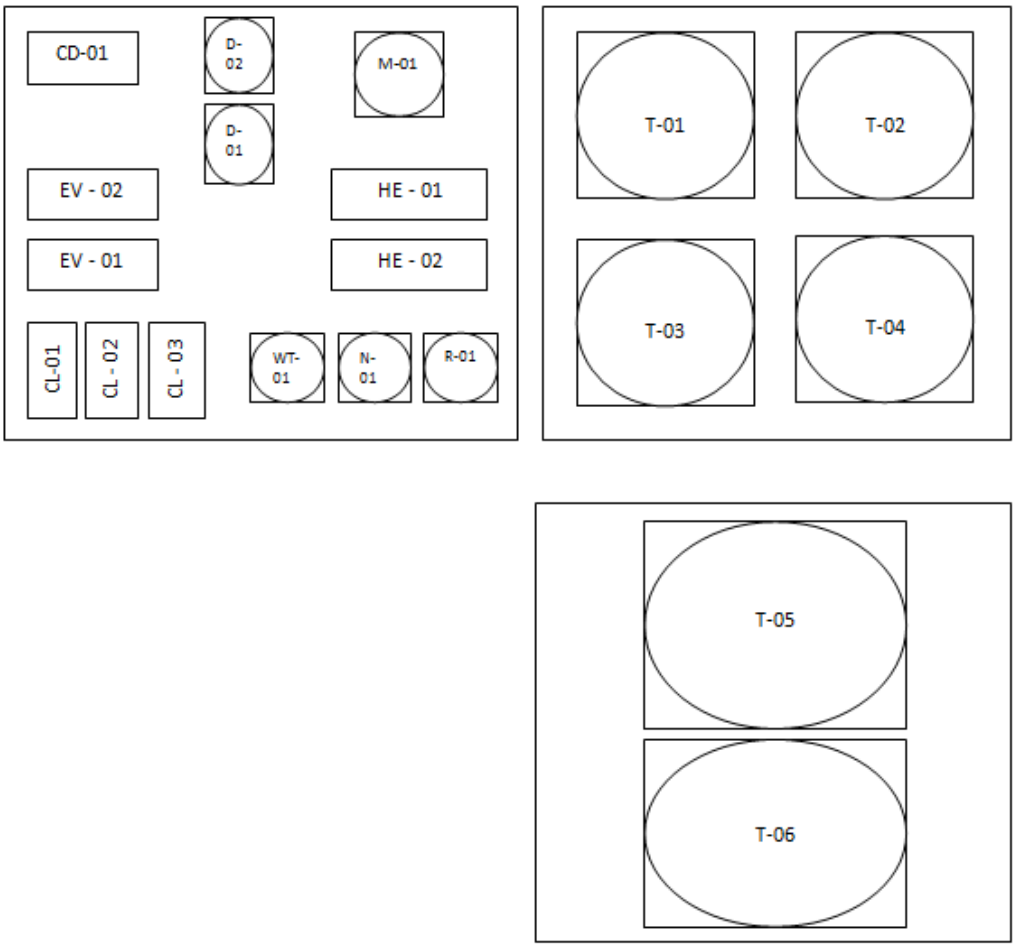
Gambar 4.2 Layout pabrik skala 1:1000

1. Pos Jaga
2. Tempat Parkir
3. Rumah Timbangan
4. Bengkel
5. Pembangkit Listrik
6. Perkantoran
7. Laboratorium
8. Ruang Kontrol
9. Area Proses
10. Pengolahan Limbah
11. Pengolahan Air
12. Pembangkit *steam*
13. Daerah Perluasan
14. Gudang Peralatan
15. Gudang Bahan Baku dan Pelengkap
16. Kantin
17. Poliklinik
18. Perpustakaan
19. Tempat Ibadah
20. Taman Lapangan

4.3 Tata Letak Alat Proses

Berikut adalah hal - hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan *process layout*:

- Aliran bahan baku dan produksi yang tepat akan menunjang kelancaran dan keamanan produksi.
- Harus terdapat aliran udara dan ventilasi di sekitar area proses agar tidak terjadi stagnasi udara pada tempat – tempat yang dapat terjadi akumulasi bahan – bahan kimia yang berbahaya. Lokasi yang harus diperhatikan adalah sekitar aliran proses yang menggunakan metanol yaitu disekitar *mixer* (M-01), reaktor (R-01), evaporator 1 (EVP-01), dan evaporator 2 (EVP-02).
- Penerangan yang memadai diseluruh area pabrik terutama area proses yang mengandung bahan berbahaya.
- Ruang gerak pekerja harus diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan mudah dan cepat sehingga penangan khusus ketika terdapat kerusakan peralatan dapat segera diatasi.
- Jarak antar alat proses diatur sedemikian rupa sehingga alat proses yang memiliki tekanan atau suhu tinggi terletak berjauhan dengan alat lainnya agar ketika terjadi ledakan atau kebakaran tidak cepat merambat pada alat proses lainnya.



Gambar 4.3 Tata letak alat pabrik biodiesel dari minyak kelapa sawit (CPO)

Keterangan

T	: Tangki	CL	: Cooler
CD	: Kondenser	HE	: Heat Exchanger
WT	: Washing Tower	N	: Netralizer
D	: Dekanter	R	: Reaktor

4.4 Alir Proses dan Material

4.4.1 Neraca Massa

1. *Mixer*

Tabel 4.2 Neraca massa pada Mixer

No	Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
		Arus 1	Arus 2	Arus 3
1	CH_3OH	1424,3134	-	1424,3134
2	H_2O	2,8543	33,5266	36,3809
3	NaOH	-	28,5670	28,5670
Total		1427,1677	62,0936	**1489,2613**
		1489,2613		

2. Reaktor Transesterifikasi

Tabel 4.3 Neraca massa pada Reaktor Transesterifikasi

No	Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
		Arus 3	Arus 4	Arus 5
1	Trigliserida	-	5892,4266	1178,4853
2	Gliserol	-	-	467,9023
3	CH_3OH	1424,3134	-	935,9774
4	H_2O	36,3809	18,5686	54,9495
5	NaOH	28,5670	-	28,5670
6	$R\text{-}COOCH_3$	-	-	4734,3750
7	FFA	-	278,5286	278,5286
Total		1489,2613	6189,5238	**7678,7851**
		7678,7851		

3. Netralizer

Tabel 4.4 Neraca massa pada Netralizer

No	Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
		Arus 5	Arus 6	Arus 7
1	Trigliserida	1178,4853	-	1178,4853
2	Gliserol	467,9023	-	467,9023
3	CH_3OH	935,9774	-	935,9774
4	H_2O	54,9495	46,2957	114,122
5	NaOH	28,5670	-	0,0000
6	$R\text{-}COOCH_3$	4734,3750	-	4734,3750
7	HCl	-	26,0413	0,0000
8	NaCl	-	-	41,7414
9	FFA	278,5286	-	278,5286
Total		7678,7851	72,3371	**7751,1222**
		7751,1222		

4. Dekanter I

Tabel 4.5 Neraca massa pada Dekanter 1

No	Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Arus 7	Arus 8 (bawah)	Arus 9 (atas)
1	Trigliserida	1178,4853	808,5908	369,8945
2	Gliserol	467,9023	321,0405	146,8618
3	CH_3OH	935,9774	642,1995	293,7779
4	H_2O	114,1122	78,2955	35,8167

Lanjutan Tabel 4.5 Neraca massa pada Dekanter 1

5	NaCl	41,7414	28,6399	13,1015
6	R-$COOCH_3$	4734,3750	946,8750	3787,5000
7	FFA	278,5286	191,1060	87,4226
Total		**7751,1222**	3016,7471	4734,3750
			7751,1222	

5. Washing Tower

Tabel 4.6 Neraca massa pada *Washing Tower*

No	Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
		Arus 9	Arus 10	Arus 11
1	Trigliserida	369,8945	-	369,8945
2	Gliserol	146,8618	-	146,8618
3	CH_3OH	293,7779	-	293,7779
4	H_2O	35,8167	453,7412	489,5579
5	NaCl	13,1015	-	13,1015
6	R-$COOCH_3$	3787,5000	-	3787,5000
7	FFA	87,4226	-	87,4226
Total		**4734,3750**	**453,7412**	**5188,1162**
		5188,1162		

6. Dekanter II

Tabel 4.7 Neraca massa pada Dekanter II

No	Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Arus 11	Arus 12 (bawah)	Arus 13 (atas)
1	Trigliserida	369,8945	369,8945	-
2	Gliserol	146,8618	146,8618	-
3	CH_3OH	293,7779	293,7779	-
4	H_2O	489,5579	451,3003	38,2576
5	NaCl	13,1015	13,1015	-
6	$R\text{-}COOCH_3$	3787,5000	-	3787,5000
7	FFA	87,4226	87,4226	-
Total		**5188,1162**	**1362,3586**	**3825,7576**
			5188,1162	

7. Evaporator I

Tabel 4.8 Neraca massa pada Evaporator I

No	Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Arus 13	Arus 14	Arus 15
1	H_2O	38,2576	37,8788	0,3788
2	$R\text{-}COOCH_3$	3787,5000	0,0000	3787.5000
Total		**3825,7576**	**3825,7576**	**37.8788**
			3825,7576	

8. Evaporator II

Tabel 4.9 Neraca massa pada Evaporator II

No	Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Arus 8	Arus 16 (bawah)	Arus 17 (atas)
1	Trigliserida	808,5908	808,5908	-
2	Gliserol	321,0405	321,0405	-
3	CH_3OH	642,1995	0,0000	642,1995
4	H_2O	78,2955	77,0085	1,2870
5	NaCl	28,6399	28,6399	-
6	$R\text{-}COOCH_3$	946,8750	946,8750	-
7	FFA	191,1060	191,1060	-
Total		**3016,7471**	**2373,2607**	**643,4865**
			3016,7471	

4.4.2 Neraca panas

1. *Mixer*

Tabel 4.10 Neraca panas pada Mixer

Komponen	Input	Output
	Q (kJ/jam)	Q (kJ/jam)
H_2O (l)	756,6618	756,6618
Methanol (l)	18047,9761	18047,9761
NaOH	82,8619	82,8619
Total	18887,4997	18887,4997

2. Reaktor Transesterifikasi

Tabel 4.11 Neraca panas pada Reaktor Transesterfikasi

Komponen	Input		Output
	Q_1 (kJ/jam)	Q_2 (kJ/jam)	Q (kJ/jam)
Trigliserida	454163,4904	-	90832,6981
Gliserol	-	-	115442,1058
CH_3OH	-	348276,4427	228867,3766
H_2O	6633,8145	12997,4615	19631,2760
R-$COOCH_3$	-	-	621775,7866
NaOH	-	82,8619	2,9006
FFA	2014,7393	-	37591,8448
Reaksi	-	-	-923831878,9302
Air Pendingin	-	-	923541903,7520
Total	462812,0442	361356,7660	**824168,8103**
	824168,8103		

3. Netralizer

Tabel 4.12 Neraca panas pada *Netralizer*

Komponen	Input		Output
	Q_1 (kJ/jam)	Q_2 (kJ/jam)	Q (kJ/jam)
Trigliserida	15684,3085	-	15682,0609
Gliserol	19977,7259	-	19975,9016
CH_3OH	35985,7329	-	35973,7579
H_2O	3433,8381	962,9183	7130,6482
R-$COOCH_3$	101501,1803	-	101464,4405
NaOH	2,9006	-	-
HCl	-	312,3872	-
NaCl	-	-	541,3132
FFA	6122,4864	-	6120,2094
Reaksi	-	-	-43499,9234
Total	**182708,1728**	**1275,3054**	**183983,4782**
	183983,4782		

4. Dekanter I

Tabel 4.13 Neraca panas pada Dekanter I

Komponen	Input	Output	
	Q (kJ/jam)	Q_1 (kJ/jam)	Q_2 (kJ/jam)
Trigliserida	15682,0609	4922,1730	10759,8879
Gliserol	19975,9016	6269,8930	13706,0086
CH_3OH	35973,7579	11291,1857	24682,5722
H_2O	7130,6482	2238,1168	4892,5314
R-$COOCH_3$	101464,4405	81171,5524	20292,8881
NaCl	541,3132	169,9035	371,4097
FFA	6120,2094	1920,9675	4199,2418
Total	**186888,3316**	**107983,7919**	**78904,5397**
		186888,3316	

5. Washing Tower

Tabel 4.14 Neraca panas pada *Washing Tower*

Komponen	Input		Output
	Q_1 (kJ/jam)	Q_2 (kJ/jam)	Q (kJ/jam)
Trigliserida	4922,1730	-	3224,8275
Gliserol	6269,8930	-	4111,1749
CH_3OH	11291,1857	-	7374,2289
H_2O	2238,1168	9154,1574	20074,2294
R-$COOCH_3$	81171,5524	-	52991,0307
NaCl	169,9035	-	111,4757
FFA	1920,9675	-	1253,8571
Total	107983,7919	9154,1574	**117137,9493**
	117137,9493		

6. Dekanter II

Tabel 4.15 Neraca panas pada Dekanter I

Komponen	Input	Output	
	Q (kJ/jam)	Q_1 (kJ/jam)	Q_2 (kJ/jam)
Trigliserida	781,9071	-	781,9071
Gliserol	4173,5875	-	4173,5875
CH_3OH	7485,3443	-	7485,3443

H_2O	20379,4537	1592,5971	18786,8566
R-$COOCH_3$	12847,0777	12847,0777	-
NaCl	113,1704	-	113,1704
FFA	303,9820	-	303,9820
Total	**46084,5226**	14439,6748	31644,8478
		46084,5226	

7. Evaporator I

Tabel 4.16 Neraca panas pada Evaporator I

Komponen	Input	Output	
	Q (kJ/jam)	Q_1 (kJ/jam)	Q_2 (kJ/jam)
H_2O	1592,5971	13456,3276	135,3312
R-$COOCH_3$	53788,1450	0,0000	497578,9693
Steam	455789,8860	-	-
Total	**511170,6281**	13456,3276	497714,3006
		511170,6281	

8. Evaporator II

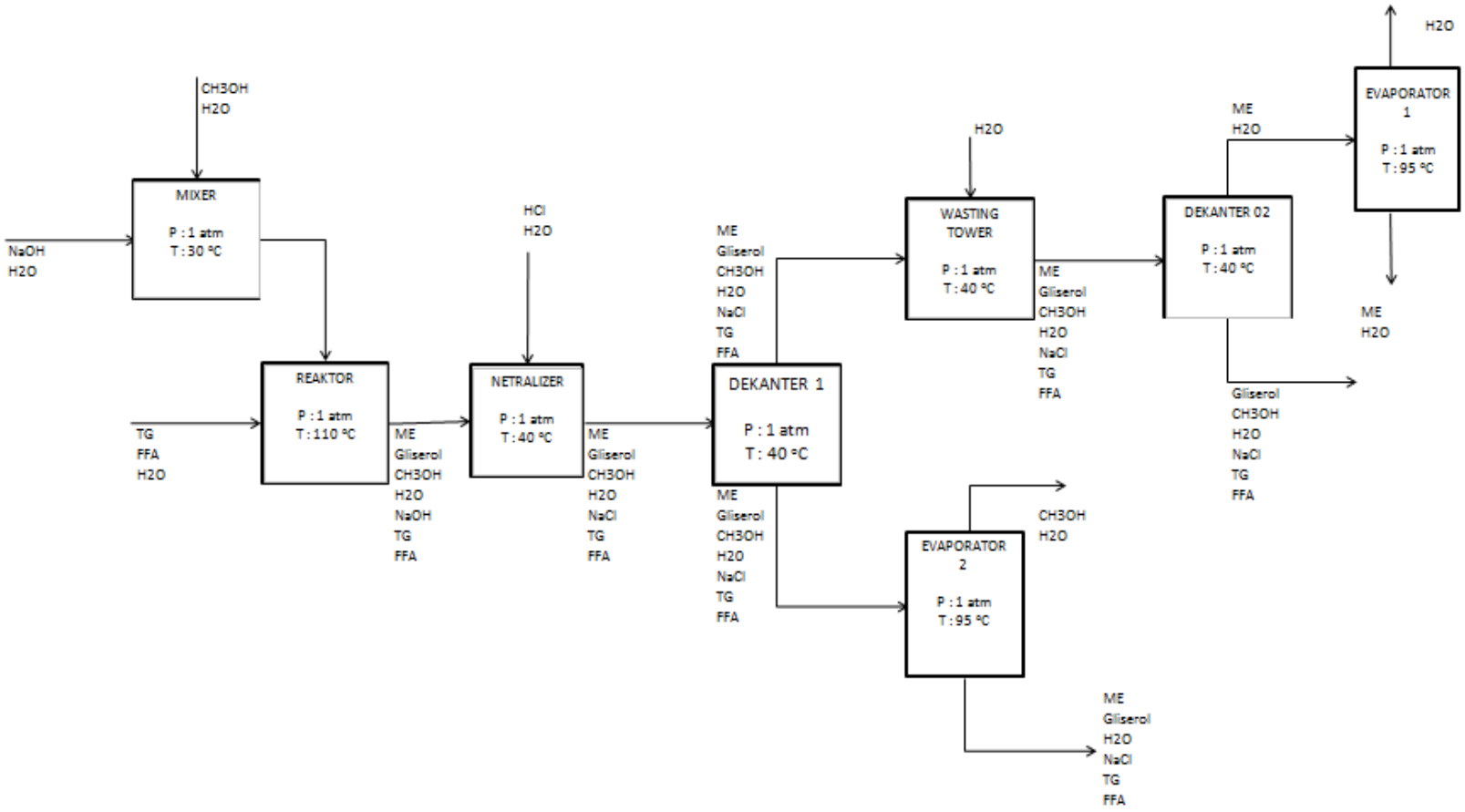
Tabel 4.17 Neraca panas pada Evaporator II

Komponen	Input	Output	
	Q (kJ/jam)	Q_1 (kJ/jam)	Q_2 (kJ/jam)
Trigliserida	10759,8879	-	51065,9129
Gliserol	13706,0086	-	64830,4327
CH_3OH	24682,5722	64985,6273	-
H_2O	4892,5314	168,6457	22565,7329
R-$COOCH_3$	-	-	100602,8487
NaCl	371,4097	-	1746,1435
FFA	4199,2418	-	20855,9870
Steam	268209,6791	-	-
Total	**326821,3307**	65154,2730	261667,0577
		326821,3307	

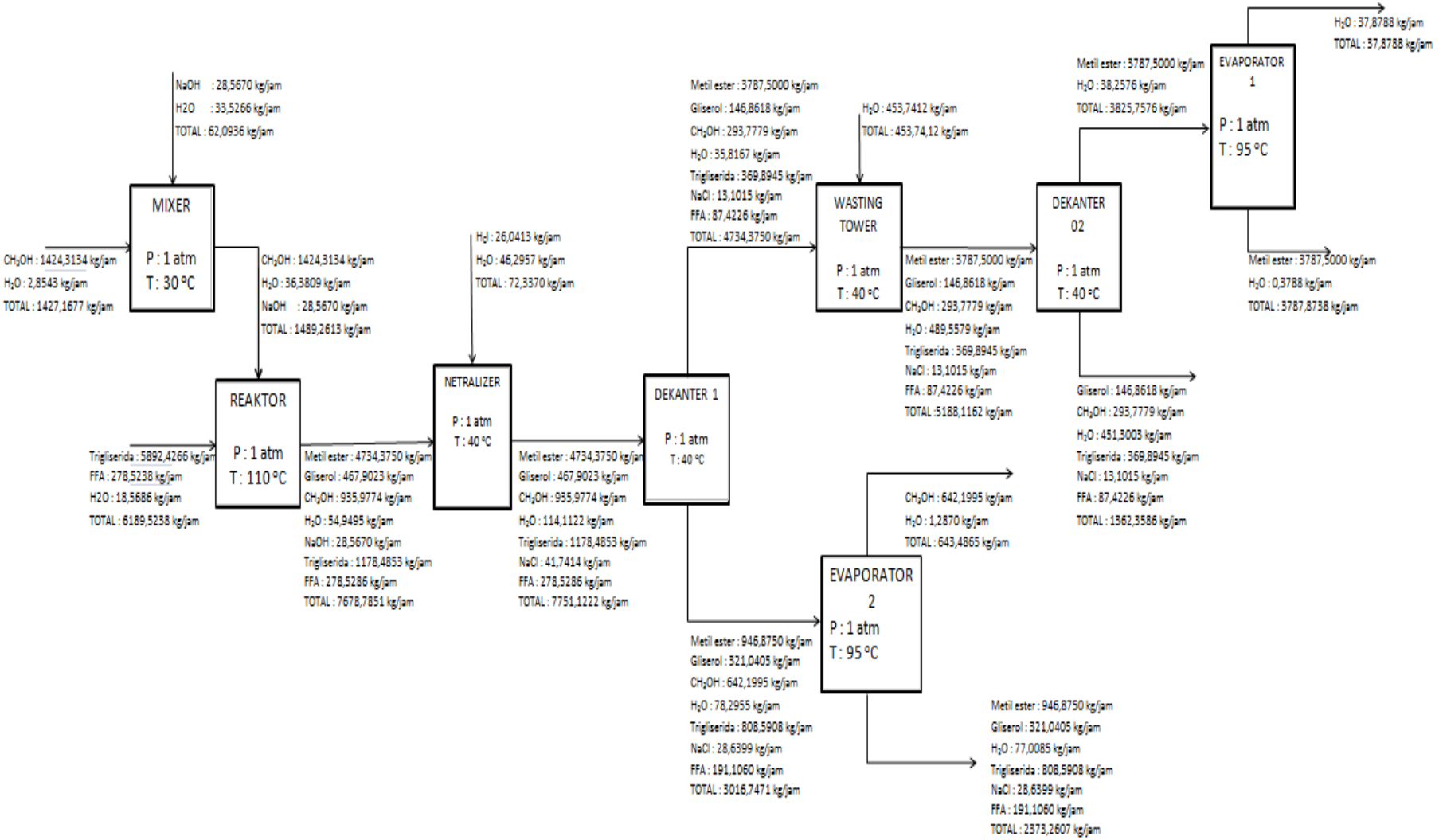
9. Kondensor

Tabel 4.18 Neraca panas pada Kondensor

Komponen	Input	Output
	Q (kJ/jam)	Q (kJ/jam)
CH_3OH	65117,5208	8137,5357
H_2O	169,0057	26,7669
Pendingin	-	57122,2239
Total	**65286,5265**	**65286,5265**



Gambar 4.4 alir kualitatif pabrik biodiesel proses transesterifikasi



Gambar 4.5 Diagram alir kuantitatif pabrik biodiesel proses transesterifikasi.

4.5 Pelayanan Teknik (Utilitas)

Unit utilitas adalah salah satu bagian yang sangat penting dalam menunjang jalannya proses produksi pada suatu industri kimia. Suatu proses produksi dalam suatu pabrik tidak akan berjalan dengan baik jika tidak terdapat utilitas. Karena itu utilitas memegang peranan penting dalam pabrik. Perancangan diperlukan agar dapat menjamin kelangsungan operasi suatu pabrik. Utilitas pada pabrik biodiesel dari minyak kelapa sawit berdasarkan kebutuhannya adalah sebagai berikut :

a. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Waste Treatment System*)
b. Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)
c. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
d. Unit Penyedia Udara Instrumen (*Instrument Air System*)
e. Unit Penyedia Bahan Bakar
f. Unit Pengolahan Limbah atau Air Buangan

4.5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

4.5.1.1 Unit Penyediaan Air

Pada umumnya untuk memenuhi kebutuhan air suatu pabrik digunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut sebagai sumbernya. Air yang digunakan dalam perancangan pabrik *biodiesel* ini bersumber dari sungai Deli. Air sungai akan digunakan untuk keperluan dilingkungan pabrik sebagai :

1. Air Umpan *Boiler*

Uap atau *steam* dalam pabrik digunakan sebagai media pemanas. Air umpan *boiler* disediakan dengan *excess* 20%.*Excess* merupakan pengganti *steam* yang hilang karena kebocoran transmisi 10% serta faktor keamanan sebesar 20%. Sehingga kebutuhan air umpan *boiler* yang diperoleh dari perhitungan adalah sebanyak 43,8324 kg/jam. Air yang digunakan untuk *boiler* harus memenuhi persyaratan agar air tidak merusak *boiler*. Berikut adalah persyaratan air umpan boiler menurut *Perry's* edisi 6, halaman 976:

Tabel 4.19 Syarat air umpan boiler

Parameter	Total (ppm)
Total padatan (*total dissolved solid)*	3,500
Alkanitas	700
Padatan terlarut	300
Silika	60 – 100
Besi	0,1
Tembaga	0,5
Oksigen	0,007
Kesadahan	0
Kekeruhan	175
Minyak	7
Residu fosfat	140

Berikut adalah prasyarat air umpan *boiler* :

a. Tidak membuih (berbusa)

Busa disebabkan adanya *solid matter*, *suspended matter*, dan kebasaan yang tinggi. Berikut adalah kesulitan yang dihadapi dengan adanya busa :

- Kesulitan dalam pembacaan tinggi liquid dalam *boiler*.
- Buih dapat menyebabkan percikan yang kuat dan dapat mengakibatkan penempelan padatan yang menyebabkan terjadinya korosi apabila terjadi pemanasan lanjut.

Untuk mengatasi hal – hal berikut maka diperlukan pengontrolan terhadap kandungan lumpur, kerak, dan alkanitas air umpan *boiler*.

b. Tidak membentuk kerak dalam *boiler*

Kerak dalam *boiler* dapat menyebabkan hal – hal berikut :

- Isolasi terhadap panas sehingga proses perpindahan panas terhambat.
- Kerak yang terbentuk dapat pecah sehingga dapat menimbulkan kebocoran.

c. Tidak menyebabkan korosi pada pipa

Korosi pada pipa disebabkan oleh pH rendah, minyak dan lemak, bikarbonat, dan bahan organik serta gas – gas H_2S, SO_2, NH_3, CO_2, O_2, yang terlarut dalam air. Reaksi elektro kimia

antar besi dan air akan membentuk lapisan pelindung anti korosi pada permukaan baja.

$$Fe^{2+} + 2\ H_2O \rightarrow Fe\ (\ OH\ )_2 + 2H^+$$

Jika terdapat oksigen dalam air, maka lapisan hidrogen yang terbentuk akan bereaksi dan membentuk air. Akibat hilangnya lapisan pelindung tersebut maka terjadi korosi menurut reaksi berikut :

$$4H^+ + O_2 \rightarrow 2\ H_2O$$

$$4\ Fe\ (\ OH\ )_2 + O_2 + H_2O \rightarrow 4\ Fe\ (OH\ )_3$$

Bikarbonat dalam air akan membentuk CO_2 yang bereaksi dengan air karena pemanasan dan tekanan. Reaksi tersebut menghasilkan asam karbonat yang dapat bereaksi dengan metal dan besi membentuk garam bikarbonat. Adanya pemanasan garam bikarbonat menyebabkan pembentukan CO_2 kembali. Berikut adalah reaksi yang terjadi :

$$Fe^{2+} + 2H_2CO_3 \rightarrow Fe\ (HCO)_2 + H_2$$

$$Fe\ (HCO)_2 + H_2O + panas \rightarrow Fe\ (OH)_2 + 2H_2O + 2CO_2$$

2. Air Sanitasi

Air sanitasi pada pabrik digunakan sebagai keperluan laboratorium, kantor, konsumsi, mandi, mencuci, taman dan lainnya. Berikut adalah

persyaratan yang harus dipenuhi dalam penggunaan sebagai air sanitasi :

a. Syarat Fisika
    - Tidak berwarna dan berbau.
    - Tidak berbusa.
    - Kekeruhan SiO_2 kurang dari 1 ppm.
    - pH netral.
b. Syarat Kimia
    - Tidak mengandung bahan beracun.
    - Tidak mengandung zat – zat organik maupun anorganik yang tidak larut dalam air seperti PO_4^{3-}, Hg, Cu, dan sebagainya.
c. Syarat Bakteriologis

    Tidak mengandung bakteri terutama bakteri patogen yang dapat merubah sifat fisis air.

3. Air Pendingin

Air pendingin berfungsi sebagai fluida pendingin pada alat penukar panas atau *heat exchanger*. Penggunaan air sebagai fluida pendingin berdasarkan faktor berikut :

a. Air merpuakan bahan yang mudah didapatkan.
b. Air mudah dikendalikan dan dikerjakan.
c. Dapat menyerap panas.
d. Tidak mudah menyusut karena pendinginan.

e. Tidak mudah terkondensasi.

4. Air Proses

Air panas pada proses berfungsi sebagai media pencuci pada kolom pencuci metil ester atau *washing tower*. Air dengan suhu 40 °C digunakan untuk menghilangkan *impurities* produk.

4.5.1.2 Unit Pengolahan Air

Berikut adalah tahapan pengolahan air

1. Clarifier

Kebutuhan air dari suatu pabrik diperoleh dari sumber air yang berada disekitar pabrik dengan cara mengolah air terlebih dahulu agar dapat memenuhi persyaratan untuk digunakan. Pengolahan tersebut meliputi pengolahan secara fisika, kimia, penambahan desinfektan, dan penggunaan *ion exchanger*.

Raw water diumpankan ke tangki terlebih dahulu dan kemudian diaduk dengan kecepatan tinggi serta ditambahkan bahan – bahan kimia selama pengadukan tersebut. Bahan – bahan kimia yang digunakan adalah :

1. $Al_2(SO_4).18H_2O$ yang berfungsi sebagai flokulan.
2. Na_2CO_3 yang berfungsi sebagai flokulan.

Pada *clarifier* lumpur dan partikel padat lain diendapkan dengan diinjeksi alum ($Al_2(SO_4).18H_2O$) sebagai flokulan yang membentuk flok. Selain itu ditambahkan NaOH sebagai pengatur pH. Air bakudialirkan ke bagian tengah *clarifier* untuk diaduk. Selanjutnya air bersih akan keluar melalui pinggiran

*clarifier*sebagai *overflow*, sedangkan flok yang terbentuk atau *sludge*akan mengendap secara gravitasi dan di *blowdown* secara berkala dengan waktu yang telah ditentukan. Air baku yang belum di proses memiliki *turbidity* sekitar 42 ppm. Setelah keluar *clarifier*kadar*turbidity* akan turun menjadi kurang dari 10 ppm.

2. Penyaringan

Air hasil dari *clarifier* dialirkan menuju *sand filter* untuk memisahkan dengan partikel – partikel padatan yang terbawa. Air yang mengalir keluar dari *sand filter*akan memiliki kadar *turbidity* sekitar 2 ppm. Air tersebut dialirkan menuju tangki penampung (*filter water reservoir*) yang kemudian didistribusikan menuju menara air dan unit demineralisasi. *Back washing* pada *sand filter* dilakukan secara berkala dengan tujuan menjaga kemampuan penyaringan alat.

3. Demineralisasi

Air umpan *boiler* harus bebas dari garam yang terlarut, maka proses demineralisasi berfungsi untuk menghilangkan ion – ion yang terkandung pada *filtered water* sehingga memiliki konduktivitas dibawah 0,3 Ohm dengan kadar sillika kurang dari 0,02 ppm.

Berikut adalah tahapan pengolahan air umpan *boiler* :

a. *Cation Exchanger*

Resin yang berada didalam *cation exchanger* berupa H^+ berfungsi sebagai pengganti kationyang dikandung dalam air. Air yang keluar dari

*cation exchanger*akan mengandung anion dan ion H^+. Berikut adalah reaksi yang terjadi didalam *cation exchanger* :

$$CaCO_3 \longrightarrow Ca^{2+} + CO_3^-$$

$$MgCl_2 + R - SO_3 \longrightarrow MgRSO_3 + Cl^- + H^+$$

$$Na_2SO_4 \text{ (resin)} \longrightarrow Na^{2+} + SO_4^{2-}$$

Kation resin akan jenuh dalam jangka waktu tertentu, sehingga diregenerasi menggunakan asam sulfat dengan reaksi sebagai berikut :

$$Mg + RSO_3 + H_2SO_4 \longrightarrow R_2SO_3H + MgSO_4$$

b. *Anion Exchanger*

Anion exchanger memiliki fungsi mengikat ion – ion negative (anion) yang terlarut dalam air menggunakan resin bersifat basa seperti CO_3^{2-}, Cl^-, dan SO_4^{2-}. Berikut adalah reaksi yang terjadi didalam *anion exchanger* :

$$CO_3^- \longrightarrow CO_3$$

$$Cl^- + RNOH \longrightarrow RN\,Cl^- + OH^-$$

Kation resin akan jenuh dalam jangka waktu tertentu, sehingga diregenerasi menggunakan larutan NaOH dengan reaksi sebagai berikut :

$$RN\,Cl^- + NaOH \longrightarrow RNOH + NaCl$$

4. Deaerasi

Dearasi merupakan proses pengambilan oksigen (O_2) dari air umpan *boiler*. Air yang telah dimineralisasi dialirkan menuju *deaerator* dan diinjeksikan *hidrazin* (N_2H_4) untuk diikat oksigen (O_2) yang terkandung dalam air tersebut. Air yang keluar dari *deaerator* akan dimponpa menuju *boiler*

sebagai air umpan (*boiler feed water*). Pengikatan oksigen pada air umpan *boiler* bertujuan untuk mencegah terbentuknya kerak (*scale*) pada *tube boiler*. Berikut adalah reaksi yang terjadi didalam *aerator* :

$$2N_2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O + 2N_2$$

4.5.1.3 Kebutuhan Air

1. Kebutuhan Air Pembangkit *Steam*

Tabel 4.20 Kebutuhan air pembangkit *steam*

No	**Nama Alat**	**Kode**	**Jumlah (kg/jam)**
1	Heater – 01	HE -01	52,0971
2	Heater – 02	HE-02	9,6906
3	Heater – 03	HE-03	1,1471
3	Evaporator – 01	EVP-01	201,9960
4	Evaporator – 02	EVP-02	118,8646
Total			**383,7954**

Air pembangkit *steam* sebanyak 80% digunakan kembali, maka *make up* yang diperlukan adalah sebanyak 20%. Sehingga *make up steam* adalah sebesar

= 20 % x 961184,1816

= 192236,8363 kg/jam

Blowdown 20%

= 20 % x 383,7954

= 76,7591 kg/jam

Jumlah air *make up*

= 192236,8363 kg/jam + 76,7591 kg/jam

= 192313,5954 kg/jam

2. Kebutuhan Air Proses

Tabel 4.21 Kebutuhan air pembangkit proses

No	**Nama Alat**	**Kode**	**Jumlah (kg/jam)**
1	*Cooler* – 01	CO -01	857,6936
2	*Cooler* – 02	CO -02	477,2962
3	*Cooler* – 03	CO -03	239,6557
4	Netralizer - 01 (Larutan HCl)	N-01	46,2957
5	Jaket Pendingin	R-01	931091,1765
6	Kondensor	CD-01	28472,0639
Total			961184,1816

3. Air Untuk Perkantoran dan Rumah Tangga

Kebutuhan air 1 orang = 100 kg/hari (Sularso, 2000)

Jumlah karyawan = 120 orang

Tabel 4.22 Kebutuhan air perkantoran dan rumah tangga

No	**Penggunaan**	**Kebutuhan (kg/hari)**
1	Karyawan	12.000
2	Perumahan	24.000
3	Laboratorium	500
4	Bengkel	200
5	Poliklinik	300
6	Pemadam kebakaran	1000
7	Kantin, mushola, pertamanan, dll	1500
Jumlah		39500

Kebutuhan air total

= 192313,5954 + 1646 + 383,7954 + 961184,1816

= 1.155.527,4057

Faktor kemanan 10%

= 1,1 x 1.155.527,4057 kg/jam

= 1271080,1463 kg/jam

4.5.2 Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*)

Unit pembangkit *steam* berfungsi untuk memenuhi kebutuhan *steam* pada proses produksi dengan cara menyediakan *steam* untuk *boiler* dengan spesifikasi sebagai berikut :

Kapasitas : 552,6654 kg/jam

Jenis :*Water Tube Boiler*

Jumlah : 1 buah

Sebelum air dari *water treatment plat* digunakan sebagai umpan boiler, mula – mula di atur terlebih dahulu kadar silika, oksigen, Ca dan Mg yang terlarut dengan cara menambahkan bahan kimia kedalam *boiler feed water tank*. Selain pengaturan kadar bahan terlarut, diatur pula pH dari air yaitu sekitar 10,5 – 11,5 untuk mengurangi kadar korosivitas. Air dialirkan ke dalam *economizer* sebelum dialirkan masuk ke dalam *boiler* yaitu suatu alat penukar panas dengan tujuan pemanfaatan panas dari gas sisa pembakaran residu dari *boiler*. Pada *ecomizer* air dipanaskan hingga suhu 100 °C sebelum dialirkan menuju *boiler*.

Api yang keluar dari *burner* berfungsi untuk memanaskan lorong api dari pipa – pipa api. Gas dari sisa pembakaran tersebut dialirkan menuju *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap. Setelah uap air yang terkumpul mencapai tekanan 10 bar, lalu dialirkan menuju *steam header* untuk didistribusikan menuju alat – alat proses.

4.5.3 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Kebutuhan listrik pada pabrik pembuatan biodiesel diperoleh melalui 2 sumber yaitu Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan generator diesel. Generator diesel berfungsi sebagai tenaga cadangan ketika PLN terjadi gangguan dan untuk menggerakkan alat – alat seperti *boiler*, pengaduk reaktor, dan sejumlah pompa.

Generator diesel menggunakan solar dan udara yang di tekan untuk menghasilkan panas. Panas yang dihasilkan digunakan untuk memutar poros engkol sehingga generator dapat menghasilkan energi listrik. Listrik tersebut didistribusi menggunakan panel. Tenaga listrik digunakan sebagai penerangan, sementara itu listrik dari generator diesel digunakan untuk menggerakan alat proses. Energi listrik dari generator diesel digunakan sebagai sumber energi listrik utama untuk penerangan dan menggerakan alat proses ketika listrik padam.

Berikut adalah spesifikasi generator diesel yang digunakan :

Kapasitas :120 kW

Jenis : Generator Diesel

Jumlah : 1 buah

Berikut adalah rincian kebutuhan listrik

a. Kebutuhan listrik proses

- Peralatan Proses

Tabel 4.23 Kebutuhan listrik alat proses

No	Nama Alat	Kode Alat	*Power* (Hp)	Jumlah	Total *Power* (Hp)
1	Pompa	P-01	0,05	1	0,05
2	Pompa	P-02	0,05	1	0,05
3	Pompa	P-03	0,05	1	0,05
4	Pompa	P-04	0,05	1	0,05
5	Pompa	P-05	0,08	1	0,08
6	Pompa	P-06	0,05	1	0,05
7	Pompa	P-07	0,08	1	0,08
8	Pompa	P-08	0,08	1	0,08
9	Pompa	P-09	0,05	1	0,05
10	Pompa	P-10	0,08	1	0,08
11	Pompa	P-11	0,05	1	0,05
12	Pompa	P-12	0,05	1	0,05
13	Pompa	P-13	0,05	1	0,05
14	Mixer	M-01	0,44	1	0,44
15	Reaktor	R-01	3,00	1	3,00
16	*Netralizer*	N-01	5,00	1	5,00
17	*Washing Tower*	WT-01	5,00	1	5,00
Total					14,22

Total kebutuhan listrik untuk alat proses adalah sebesar = 10,6084 kW

- Peralatan Utilitas

Tabel 4.24 Kebutuhan listrik utilitas

No	Nama Alat	Kode Alat	*Power* (Hp)	Jumlah	Total *Power* (Hp)
1	Pompa	PU-01	75,00	1	75,00
2	Pompa	PU-02	7,50	1	7,50
3	Pompa	PU-03	40,00	1	40,00
4	Pompa	PU-04	3,00	1	3,00
5	Pompa	PU-05	20,00	1	20,00
6	Pompa	PU-06	15,00	1	15,00
7	Pompa	PU-07	0,50	1	0,50
8	Pompa	PU-08	10,00	1	10,00
9	Pompa	PU-09	15,00	1	15,00
10	Pompa	PU-10	10,00	1	10,00
11	Pompa	PU-11	15,00	1	15,00
12	Pompa	PU-12	0,05	1	0,05
13	Pompa	PU-13	0,33	1	0,33
14	Tangki Kesadahan	TK	1,50	1	1,50
15	Tangki Klorinator	TC	0,75	1	0,75
16	Kompressor	CU-01	5,00	1	5,00
Total					218,63

Total kebutuhan listrik untuk alat utilitas adalah sebesar = 65,1631 kW

Total kebutuhan listrik proses dan utilitas adalah sebesar = 87,0454 kW

Total kebutuhan listrik proses dan utilitas dengan angka keamanan 10% adalah sebesar = 95,7500 kW

b. Kebutuhan listrik alat kontrol dan penerangan

- Kebutuhan listrik alat kontrol adalah 5% dari kebutuhan listrik alat proses dan utilitas yaitu sebesar = 4,7875 kW
- Kebutuhan listrik rumah tangga dan kantor adalah 25% dari kebutuhan listrik alat proses dan utilitas yaitu sebesar = 23,9375 kW

Total kebutuhan listrik pabrik biodiesel adalah sebesar 1242,4750 kW. Beban listrik dari generator diesel adalah sebesar 622,3749 kW dengan faktor daya 80%.

4.5.4 Unit Penyedia Udara Instrumen (*Instrument Air System*)

Udara tekan digunakan untuk alat *pneumatic control*. Kebutuhan udara tekan total adalah sebesar 77,4750 m^3/jam.

4.5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Pada *boiler* digunakan bahan bakar *fuel oil* sebanyak 56,4532 kg/jam, sedangkan untuk generator diesel digunakan minyak diesel sebagai bahan bakar sebanyak 75198,3723 kg/jam.

4.5.6 Unit Pengolahan Limbah atau Air Buangan

Limbah yang dihasilkan oleh Pabrik Minyak Kelapa Sawit dengan Proses Transesterifikasi adalah berupa limbah padat, limbah cair, dan limbah gas. Ketiga limbah tersebut diproses menggunakan metode yang berbeda – beda. Berikut adalah proses yang digunakan untuk memproses limbah sebelum dibuang ke lingkungan.

a. Limbah Padat

Limbah padat yang dihasilkan berupa senyawa kimia $CaCl_2$ dan karbon aktif. Kedua campuran limbah tersebut dapat dihilangkan dengan cara diendapkan secara gravitasi di dalam bak pengendapan. Limbah yang telah diendapkan kemudian dipanaskan pada suhu tinggi hingga kering kemudian dipisahkan. Zat $CaCl_2$ dan karbon aktif merupakan *adsorben* yang dapat digunakan untuk mengadsorpsi limbah cair yang mengandung zat kimia yang berbahaya.

b. Limbah Cair

Limbah cair yang dihasilkan pabrik biodiesel berupa cairan yang terdiri dari campuran air dan minyak. Cairan tersebut mengadung senyawa metil ester, gliserin, HCl, methanol, dan NaCl yang larut.Sebelum limbah cair dibuang, dilakukan beberapa *treatment*. Berikut adalah uraian dari *treatment* yang digunakan :

- *Pre-Treatment*

Pre-treatment yang dilakukan adalah pengendapan menggunakan bak pengendapan untuk menghilangkan padatan besar menggunakan gaya gravitasi.

- *Treatment* Pertama

  Treatment pertama berfungsi untuk meningkatkan kandungan oksigen dalam limbah cair. Pada *treatment* ini digunakan lumpur aktif organik yang dapat meningkatkan jumlah bakteri pengurai limbah organik. Proses aerasi dilakukan hingga nilai BOD, COD, dan DO standar diperoleh.

- *Treatment* Kedua

  Treatment kedua dilakukan jika limbah cair memiliki pH tidak netral. Proses penetralan dilakukan dengan cara menambahkan senyawa kimia yang dapat menetralkan atau dengan menambahkan air pada limbah cair tersebut.

- *Treatment* Ketiga

  Treatment ketiga berfungsi untuk membunuh mikroorganisme patogen yang terkandung didalam air limbah. Desinfektasi mikroorganisme patogen dilakukan dengan cara menijeksi gas Cl_2 pada limbah cair.

Pengawasan yang ketat pada tiap *treatment* limbah cair berupa pengujian di lab sangat diperlukan agar limbah cair tidak merusak lingkungan disekitar lokasi pabrik.

c. Limbah Gas

Limbah gas yang dihasilkan oleh Pabrik Biodiesel berupa uap air dan gas *methanol*. Uap air yang dihasilkan dari alat reaktor dan evaporator bukan

merupakan gas yang berbahaya. Dalam proses evaporasi *methanol* pada evaporator 2 (EVP-02) dibutuhkan pengawasan yang ketat agar gas terkondensasi secara sempurna. Kondensasi yang sempurna bertujuan agar gas *methanol* berubah fasa menjadi cairan *methanol.*

4.5.7 Spesifikasi Alat – Alat Utilitas

a. Penyediaan Air

1. Bak Sedimentasi (BS)

Fungsi : Mengendapkan kotoran serta lumpur yang dibawa air sungai

Jenis : Bak persegi terbuka dengan rangka beton

Kapasitas :1387,8115 m^3/jam

Dimensi

Tinggi = 12,7685 m

Lebar = 51,0741 m

Panjang = 25,5370 m

Harga : $ 7,571

2. Tangki Kesadahan (TK)

Fungsi : Mencampur air dengan Alum 5% dan CaOH 5%

Jenis : Tangki silinder berpengaduk

Kapasitas : 1387,0884 m^3/jam

Dimensi

Tinggi = 5,2842 m

Diameter = 5,2842 m

Harga : $ 4,077

3. *Clarifier* (CL)

Fungsi : Menggumpalkan dan mengendapkan kotoran yang terlarut dalam air

Jenis : Bak silinder dengan alas kerucut

Kapasitas : 5559,5229 m^3

Waktu Pengendapan :

Dimensi

Tinggi =25,6052 m

Diameter = 19,2039 m

Harga : $ 50,091

4. *Sand Filter* (SF)

Fungsi : Menyaring koloid yang lolos unit *clarifier*.

Jenis : 2 bak terbuka

Kapasitas : 1386,6329 m^3

Dimensi

Tinggi = 19,0082 m

Tinggi lapisan pasir = 3,6667 m

Harga : $ 81,543

5. Bak Penampung Sementara (BPS)

Fungsi : Menampung air bersih dari *Sand Filter*

Jenis : Bak persegi terbuka dengan rangka beton

Kapasitas : 1386,6329 m^3

Dimensi

Panjang = 14,0496 m

Tinggi = 7,0248 m

Lebar = 7,0248 m

Harga : $ 8,1543

b. Pengolahan Air Sanitasi

1. Tangki Klorinator (TC)

Fungsi : Mencampur kaporit kedalam air untuk kebutuhan air minum dan rumah tangga.

Jenis : Tangki silinder berpengaduk

Kapasitas : 0,9875 m^3

Dimensi

Tinggi = 1,0795 m

Diameter = 1,0795 m

Harga : $ 4,659

c. Pengolahan Air Pemanas

1. Tangki Umpan Boiler (*Boiler Feed Tank)*

Fungsi : Mencampur kaporit kedalam air untuk kebutuhan air minum dan rumah tangga.

Jenis : Tangki silinder berpengaduk

Kapasitas : 115,6184 m^3

Dimensi

Tinggi =8,3831 m

Diameter = 4,1916 m

Harga : $ 11,649

2. *Cation Exchanger (CE)*

Fungsi : Menurunkan kadar kation dalam air umpan *boiler*

Jenis : Tangki silinder tegak

Kapasitas : 1153,4210 m^3

Dimensi

Tinggi = 38,2238 m

Diameter = 14,1549 m

Harga : $ 3,438

3. *Anion Exchanger (AE)*

Fungsi : Menurunkan kadar anion dalam air umpan *boiler*

Jenis : Tangki silinder tegak

Kapasitas : 1153,4210 m^3

Dimensi

Tinggi = 1,2010 m

Diameter = 10,9643 m

Harga : $ 3,438

4. *Deaerator (DE)*

Fungsi : Menghilangkan kandungan gas yang terlarut

Jenis : Cold water *vacuum deaerator*

Kapasitas : 1153,4210 m^3

Dimensi

Tinggi = 1,0795 m

Diameter = 1,0795 m

Harga : $ 11,649

d. Pengolahan *Steam* (*Boiler*)

1. *Boiler*

Fungsi : Membuat steam jenuh pada suhu 10,4138 atm

Jenis : Water Tube Boiler

Kapasitas : 552,6654 kg/jam

Luas transfer panas : 189,5042 ft^2

Jumlah Tube :19 buah

Jumlah : 1

Harga : $ 106,123

2. Tangki Bahan Bakar *Boiler*

Fungsi : Menyimpan bahan bakar generator selama 7 hari

Jenis : Tangki silinder tegak

Kapasitas : 11,7329 m^3

Dimensi

Tinggi = 2,4633 m

Diameter = 2,4633 m

Harga : $503,759.67

e. Pompa Utilitas

1. Pompa Utilitas – 01 (PU-01)

Fungsi : Mengalirkan air dari sungai ke dalam bak pengendap.

Jenis : *Centrifugal pump single stage*

Tipe : *Mixed Flow Impeller*

Bahan : *Commercial steel*

Kapasitas :1386632,8868 kg/jam

Kapasitas pompa : 6104,622 gpm

Head pompa :23,3996 ft

Tenaga pompa :38,0248 Hp

Tenaga motor : 25,00 Hp

Putaran standart :1750 rpm

Putaran spesifik : 1285,7123 rpm

Jumlah : 1 buah

Harga :$13,629.45

2. Pompa Utilitas – 02 (PU-02)

Fungsi	: Mengalirkan air dari BPA ke TK
Jenis	: *Centrifugal pump single stage*
Tipe	: *Mixed Flow Impeller*
Bahan	: *Commercial steel*
Kapasitas	: 1386632,8868 kg/jam
Kapasitas pompa	: 6104,6217gpm
Head pompa	: 2,0167 ft
Tenaga pompa	: 3,2775 Hp
Tenaga motor	: 7,50 Hp
Putaran standart	: 1750 rpm
Putaran spesifik	: 80795,6957rpm
Jumlah	: 1 buah
Harga	: $13,629.45

3. Pompa Utilitas – 03 (PU-03)

Fungsi	: Mengalirkan air dari TK ke CLU
Jenis	: *Centrifugal pump single stage*
Tipe	: *Mixed Flow Impeller*
Bahan	: *Commercial steel*
Kapasitas	: 1386632,8868 kg/jam
Kapasitas pompa	: 6104,6217 gpm
Head pompa	: 13,5182 ft

Tenaga pompa : 21,9694 Hp

Tenaga motor : 15,0000 Hp

Putaran standart : 1750 rpm

Putaran spesifik : 19394,4531 rpm

Jumlah : 1 buah

Harga : $13,629.45

4. Pompa Utilitas – 04 (PU-04)

Fungsi : Mengalirkan air dari CLU ke FU

Jenis : *Centrifugal pump single stage*

Tipe : *Mixed Flow Impeller*

Bahan : *Commercial steel*

Kapasitas : 1386632,8868 kg/jam

Kapasitas pompa : 6104,6217 gpm

Head pompa : 0,3796 ft

Tenaga pompa : 0,6170 Hp

Tenaga motor : 0,75 Hp

Putaran standart : 1750 rpm

Putaran spesifik : 282716,6211 rpm

Jumlah : 1 buah

Harga : $13,629.45

5. Pompa Utilitas – 05 (PU-05)

Fungsi	: Mengalirkan air dari SFU ke BPS
Jenis	: *Centrifugal pump single stage*
Tipe	: *Mixed Flow Impeller*
Bahan	: *Commercial steel*
Kapasitas	: 1386632,8868 kg/jam
Kapasitas pompa	: 6014,6217 gpm
Head pompa	: 5,3143 ft
Tenaga pompa	: 8,6366 Hp
Tenaga motor	: 7,5000 Hp
Putaran standart	: 1750 rpm
Putaran spesifik	: 39064,6992 rpm
Jumlah	: 1 buah
Harga	: $13,629.45

6. Pompa Utilitas – 06 (PU-06)

Fungsi	: Mengalirkan air dari BPS
Jenis	: *Centrifugal pump single stage*
Tipe	: *Mixed Flow Impeller*
Bahan	: *Commercial steel*
Kapasitas	: 1386632,8868 kg/jam
Kapasitas pompa	: 6014,6217 gpm

Head pompa : 3,6835 ft

Tenaga pompa : 5,9864 Hp

Tenaga motor : 5,0000 Hp

Putaran standart : 1750 rpm

Putaran spesifik : 51424,2764 rpm

Jumlah : 1 buah

Harga : $13,629.45

7. Pompa Utilitas – 07 (PU-07)

Fungsi : Mengalirkan air dari TC untuk keperluan domestik

Jenis : *Centrifugal pump single stage*

Tipe : *Mixed Flow Impeller*

Bahan : *Commercial steel*

Kapasitas : 1975,0000 kg/jam

Kapasitas pompa : 8,6949 gpm

Head pompa : 1,6505 ft

Tenaga pompa : 0,0086 Hp

Tenaga motor : 0,0500 Hp

Putaran standart : 1750 rpm

Putaran spesifik : 3543,7394 rpm

Jumlah : 1 buah

Harga : $13,629.45

8. Pompa Utilitas – 08 (PU-08)

Fungsi	: Mengalirkan air dari *KEU* ke *AEU*
Jenis	: *Centrifugal pump single stage*
Tipe	: *Mixed Flow Impeller*
Bahan	: *Commercial steel*
Kapasitas	: 1153421,0179 kg/jam
Kapasitas pompa	: 5077,9114 gpm
Head pompa	: 3,5475 ft
Tenaga pompa	: 5,3599 Hp
Tenaga motor	: 5 Hp
Putaran standart	: 1750 rpm
Putaran spesifik	: 48243,4607 rpm
Jumlah	: 1 buah
Harga	: $13,629.45

9. Pompa Utilitas – 09 (PU-09)

Fungsi	: Mengalirkan air dari *AEU* ke *DAU*
Jenis	: *Centrifugal pump single stage*
Tipe	: *Mixed Flow Impeller*
Bahan	: *Commercial steel*
Kapasitas	: 1153421,0179 kg/jam
Kapasitas pompa	: 5077,9114 gpm

Head pompa : 5,1879 ft

Tenaga pompa : 7,8383 Hp

Tenaga motor : 5 Hp

Putaran standart : 1750 rpm

Putaran spesifik : 36277,3646 rpm

Jumlah : 1 buah

Harga : $13,629.45

10. Pompa Utilitas – 10 (PU-10)

Fungsi : Mengalirkan air dari KEU ke AEU

Jenis : *Centrifugal pump single stage*

Tipe : *Mixed Flow Impeller*

Bahan : *Commercial steel*

Kapasitas : 1153421,0179 kg/jam

Kapasitas pompa : 5077,9114 gpm

Head pompa : 3,5475 ft

Tenaga pompa : 5,3599 Hp

Tenaga motor : 5 Hp

Putaran standart : 1750 rpm

Putaran spesifik : 48243,4607 rpm

Jumlah : 1 buah

Harga : $13,629.45

11. Pompa Utilitas – 11 (PU-11)

Fungsi	: Mengalirkan air dari *AEU* ke *DAU*
Jenis	: *Centrifugal pump single stage*
Tipe	: *Mixed Flow Impeller*
Bahan	: *Commercial steel*
Kapasitas	: 1153421,0179 kg/jam
Kapasitas pompa	: 5077,9114 gpm
Head pompa	: 5,1879 ft
Tenaga pompa	: 7,8383 Hp
Tenaga motor	: 5 Hp
Putaran standart	: 1750 rpm
Putaran spesifik	: 36277,3646 rpm
Jumlah	: 1 buah
Harga	: $13,629.45

12. Pompa Utilitas – 12 (PU-12)

Fungsi	: Mengalirkan air dari *TUB* ke *BLU*
Jenis	: *Centrifugal pump single stage*
Tipe	: *Mixed Flow Impeller*
Bahan	: *Commercial steel*
Kapasitas	: 231236,8690 kg/jam
Kapasitas pompa	: 1018,0154 gpm

Head pompa : 3,2918 ft

Tenaga pompa : 1,0336 Hp

Tenaga motor : 0,75 Hp

Putaran standart : 1750 rpm

Putaran spesifik : 22847,4636 rpm

Jumlah : 1 buah

Harga : $13,629.45

13. Pompa Utilitas – 13 (PU-13)

Fungsi : Mengalirkan air dari *BPS* ke tangki penyimpanan

Jenis : *Centrifugal pump single stage*

Tipe : *Mixed Flow Impeller*

Bahan : *Commercial steel*

Kapasitas : 19200,0000 kg/jam

Kapasitas pompa : 84,5276 gpm

Head pompa : 3,2810 ft

Tenaga pompa : 0,1131 Hp

Tenaga motor : 0,17 Hp

Putaran standart : 1750 rpm

Putaran spesifik : 6599,8045 rpm

Jumlah : 1 buah

Harga : $13,629.45

4.6 Organisasi Perusahaan

Organisasi perusahaan merupakan hal yang penting karena berhubungan dengan efektifitas dalam peningkatan kemampuan perusahaan dalam memproduksi dan mendistribusikan produk yang telah dihasilkan. Dengan adanya pengaturan organisasi perusahaanyang teratur dan baik maka akan tercipta sumber daya manusia yang baik pula.

4.6.1 Bentuk Hukum Badan Usaha

Dalam mendirikan suatu perusahan yang dapat mencapai tujuan dari perusahaan itu secara terus – menerus, maka harus dipilih bentuk perusahaan apa yang harus didirikan agar tujuan itu tercapai. Bentuk – bentuk badan usaha yang ada dalam praktek di Indonesia, antara lain adalah :

1. Perusahaan Perorangan
2. Persekutuan dengan firma
3. Persekutuan Komanditer
4. Perseroan Terbatas
5. Koperasi
6. Perusahaan Negara
7. Perusahaan Daerah

(Sutarto, 2002).

Bentuk badan usaha yang digunakan dalam Pabrik Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit adalah Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas merupakan bahan hukum yang didirikan berdasarkan perjanjian, melakukan kegiatan usaha dengan modal dasar yang seluruhnya terbagi dalam saham, dan memenuhi

persyaratan yang telah ditetapkan dalam UU No. 1 tahun 1995 tentang Perseroan Terbatas (UUPT) dalam peraturan pelaksanaannya.

Berikut adalah syarat – syarat pendirian Perseroan Terbatas (PT) :

1. Didirikan oleh dua perseorangan (badan hukum) atau lebih.
2. Didirikan dengan akta otentik yaitu di hadapan notaris.
3. Modal dasar perseroan terendah adalah Rp 20.000.000,- atau 25% dari modal dasar.

Pemilihan bentuk badan usaha Perseroan Terbatas (PT) berdasarkan pertimbangan – pertimbangan berikut :

a. Kedudukan antar pemimpin perusahaan dengan pemegang sahan terpisah satu sama lain.
b. Tanggung jawab para pemegang saham terbatas karena segala sesuatu mengenai perusahaan dipegang oleh pimpinan perusahaan.
c. Modal lebih mudah didapatkan selain dari bank juga diperoleh dari penjualan saham.
d. Kelangsungan kehidupan PT lebih terjamin karena tidak dipengaruhi oleh berhetinya salah seorang pemegang saham, direktur atau karyawan.

4.6.2 Struktur Organisasi Perusahaan

Menurut pendapat ahli, arti kata organisasi adalah kelompok orang yang secara sadar bekerjasama untuk mencapai tujuan bersama dengan menekankan wewenang dan tanggung jawab masing – masing.Berikut adalah tiga unsur utama dalam organisasi :

1. Adanya sekelompok orang.
2. Adanya hubungan dan pembagian tugas.
3. Adanya tujuan yang ingin dicapai.

Menurut pola hubungan kerja, serta lalu lintas wewenang dan tanggung jawab, maka bentuk – bentuk organisasi dapat dibedakan menjadi :

1. Bentuk organisasi garis
2. Bentuk organisasi fungsional
3. Bentuk organisasi garis dan staff
4. Bentuk organisasi fungsional dan staff

Struktur organisasi yang digunakan pada perusahaan adalah sistem organisasi garis dan staf dengan pertimbangan sebagai berikut :

a. Dapat digunakan untuk organisasi yang cukup besar dengan produksi terus menerus dan secara masal.
b. Disiplin kerja lebih baik karena terdapat satu kesatuan pimpinan dan perintah.
c. Tiap kepala bagian secara langsung bertanggung jawab atas aktivitas yang dilakukan agar tujuan tercapai.
d. Direktur memegang pimpinan tertinggi yang bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris. Anggota Dewan Komisaris merupakan perwakilan dari pemegang saham yang dilengkapi dengan staff ahli yang memiliki tugas memberikan saran kepada Direktur.
e. Staff ahli memudahkan pengambilan keputusan.

f. Perwujudan "*The Right Man in The Right Place*" dapat dengan mudah dilaksanakan.

4.6.3 Tugas dan Wewenang

4.6.3.1 Pemegang Saham

Pemegang saham merupakan pemilik perusahaan yang terdiri dari beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk perseroan terbatas terletak pada rapat umum pemegang saham. Berikut adalah tujuan dari rapat umum pemegang saham :

1. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris
2. Mengangkat dan memberhentikan direktur
3. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.

4.6.3.2 Dewan Komisaris

Dewan komisaris bertugas untuk melaksanakan perintah dari para pemilik saham, sehingga dewan komisaris akan bertaggung jawab terhadap pemilik saham. Berikut adalah tugas dari dewan komisaris :

1. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijaakan umum, target laba perusahaan, alokasi sumber – sumber dana, dan pengarahan target pemasaran.
2. Mengawasi kinerja dari direktur.

4.6.3.3 Direktur Utama

Direktur utama memiliki pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya dalam perkembangan perusahaan. Direktur Utama bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang dilakukan sebagai pimpinan perusahaan. Direktur Utama membawahi Direktur Produksi dan Teknik, serta Direktur Keuangan dan Umum. Berikut adalah direktur – direktur yang membawahi direktur utama :

1. Direktur Teknik dan Produksi

   Tugas Direktur Teknik dan Produksi memiliki tugas dalam memimpin pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang produksi dan operasi, teknik, pengembangan, pemeliharaan peralatan, pengadaan, dan laboratorium.

2. Direktur Keuangan dan Umum

   Direktur Keuangan dan Umum memiliki tugas bertanggung jawab terhadap masalah-masalah yang berhubungan dengan administrasi, personalia, keuangan, pemasaran, humas, keamanan, dan keselamatan kerja.

4.6.3.4 Kepala Bagian

Kepala bagian memiliki tugas mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai kebijakan pimpinan perusahaan. Kepala bagian juga bertindak sebagai staff direktur. Kepala bagian

bertanggung jawab kepada direktur teknik dan produksi atau direktur. Berikut adalah perincian kepala bagian dan tugasnya :

1. **Kepala Bagian Proses dan Utilitas**

   Kepala bagian proses dan utilitas memiliki tugas mengkoordinasikan kegiatan pabrik dalam bidang proses, penyediaan bahan baku, dan utilitas.

2. **Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik dan Instrument**

   Kepala bagian pemeliharaan, listrik, dan instrument memiliki tanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan dan fasilitas penunjang kegiatan produksi

3. **Kepala Bagian Penelitian, Pengembangan, dan Pengendalian Mutu**

   Kepala bagian penelitian, pengembangan, dan penngendalian mutu bertugas untuk mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengembangan perusahaan, dan pengawasan mutu.

4. **Kepala Bagian Keuangan dan Pemasaran**

   Kepala bagian keuangan dan pemasaran bertugas untuk mengkoordinasikan kegiatan pemasaran, pengadaan barang, serta pembukuan keuangan.

5. **Kepala Bagian Administrasi**

   Kepala bagian administrasi memiliki tanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan tata usaha, personalia dan rumah tangga perusahaan.

6. **Kepala Bagian Humas dan Keamanan**

   Kepala bagian humas dan keamanan memiliki tanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan antar perusahaan dan masyarakat serta menjaga keamanan perusahaan.

7. **Kepala Bagian Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan**

   Kepala bagian kesehatan keselamatan kerja dan lingkungan memiliki tanggung jawab terhadap keamanan pabrik dan kesehatan dan keselamatan kerja karyawan.

4.6.3.5 Kepala Seksi

Kepala seksi memiliki tugas melaksanakan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan peraturan Kepala Bagian masing- masing. Setiap kepala seksi memilki tanggung jawab terhadap kepala bagian masing-masing sesuai dengan seksinya.Berikut adalah perincian kepala bagian dan tugasnya :

1. **Kepala Seksi Proses**

   Kepala seksi proses bertugas memimpin secara langsung dan memantau kelancaran proses produksi.

2. **Kepala Seksi Bahan Baku dan Produk**

   Kepala seksi bahan baku dan produk memiliki tanggung jawab terhadap penyediaan bahan baku, menjaga kemurnian bahan baku, serta megontrol produk yang dihasilkan.

3. **Kepala Seksi Utilitas**

   Kepala seksi utilitas memiliki tanggung jawab terhadap penyediaan air, bahan bakar, *steam*, udara tekan untuk proses dan instrumentasi.

4. **Kepala Seksi Pemeliharaan dan Bengkel**

   Kepala seksi pemeliharaan dan bengkel bertanggung jawab atas kegiatan perawatan, penggantian alat- alat serta fasilitas pendukungnya.

5. **Kepala Seksi Listrik dan Instrumentasi**

   Kepala seksi listrik dan instrumentasi memiliki tanggung jawab terhadap penyediaan listrik serta kelancaran alat-alat instrumentasi.

6. **Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan**

   Kepala seksi penelitian dan pengembangan bertugas untuk mengkoordinasi kegiatan-kegiatan yang berhubungan dengan peningkatan produksi dan efisiensi seluruh proses.

7. **Kepala Seksi Laboratorium dan Pengendalian Mutu**

   Kepala seksi laboratorium dan pengendalian mutu memiliki tugas melakukan pengendalian mutu untuk bahan baku, bahan pembantu, produk dan limbah.

8. **Kepala Seksi Keuangan**

   Kepala seksi keuangan memiliki tanggung jawab terhadap pembukuan serta hal-hal yang berkaitan dengan keuangan perusahaan.

9. **Kepala Seksi Pemasaran**

   Kepala seksi pemasaran mengkoordinasikan kegiatan pemasaran produk dan pengadaan bahan baku pabrik.

10. Kepala Seksi Tata Usaha

Kepala seksi tata usaha memiliki tanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan rumah tangga perusahaan dan tata usaha kantor.

11. Kepala Seksi Personalia

Kepala seksi personalia memiliki tugas mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian.

12. Kepala Seksi Humas

Kepala seksi humas bertugas mengadakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan, pemerintah, dan masyarakat.

13. Kepala Seksi Keamanan

Kepala seksi keamanan memiliki tugas mengawasi masalah keamanan perusahaan.

14. Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Kepala seksi kesehatan dan keselamatan kerja memiliki tugas mengatur dan mengawasi kesehatan karyawan dan keluarga, serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.

15. Kepala Seksi Unit Pengolahan Limbah

Kepala seksi unit pengolahan limbah bertanggung jawab terhadap limbah pabrik agar sesuai dengan baku mutu limbah.

4.6.4 Pembagian Jam Kerja

Pabrik Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit (CPO) akan beroperasi 330 hari selama satu tahun dalam 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan merupakan hari libur digunakan untuk perbaikan, perawatan atau *shut down*. Pembagian jam kerja karyawan digolongkan menjadi dua golongan, yaitu :

a. Pegawai non shift yang bekerja selama 6 jam dalam seminggu dengan total kerja 40 jam per minggu. Sedangkan hari minggu dan hari besar libur. Pegawai *non shift* termasuk karyawan tidak langsung menangani operasi pabrik yaitu direktur, kepala departemen, kepala divisi, karyawan kantor atau administrasi, dan divisi-divisi di bawah tanggung jawan non teknik atau yang bekerja di pabrik dengan jenis pekerjaan tidak kontinu. Berikut adalah ketentuan jam kerja pegawai non shift:

   Senin- Kamis :07.00 - 16.00 (istirahat12.00 – 13.00)

   Jum’at : 07:00 – 16:00 (istirahat 11:00 – 13:00)

   Sabtu : 07:00 – 12:00

   Minggu :Libur, termasuk hari libur nasional

b. Pegawai *shift* bekerja 24 jam perhari yang terbagi dalam 3 *shift*. Karyawan *shift* adalah karyawan yang langsung menangani proses operasi pabrik yaitu kepala shift, operator, karyawan-karyawan *shift*, gudang serta keamanan dan keselamatan kerja. Berikut adalah ketentuan jam kerja pegawai *shift* sebagai berikut :

Shift I : 08.00 - 16.00

Shift II : 16.00 - 24.00

Shift III : 24.00- 08.00

Jadwal kerja terbagimenjadi empat minggu dan empat kelompok. Setiap kelompok kerja mendapatkan libur satu kali dari tiga kali *shift*. Berikut adalah jadwal kerja karyawan *shift* :

Tabel 4.25. Jadwal kerja karyawan *shift*

Regu	Hari											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	III	III	III	-	I	I	I	II	II	II	-	-
B	-	I	I	I	II	II	II	-	-	III	III	III
C	I	II	II	II	-	-	III	III	III	-	I	I
D	II	-	-	III	III	III	-	I	I	I	II	II

4.6.5 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji

4.6.5.1 Penggolongan Jabatan

Tabel 4.26 Penggolongan jabatan

No	Jabatan	Jenjang Pendidikan
1	Direktur Utama	Sarjana Teknik Kimia
2	Direktur Produksi dan Teknik	Sarjana Teknik Kimia
3	Direktur Keuangan dan Umum	Sarjana Ekonomi
4	Kepala Bagian Penelitian, Mutu dan Pengembangan	Sarjana Kimia

5	Kepala Bagian Proses dan Utilitas	Sarjana Teknik Kimia
6	Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrument	Sarjana Teknik Mesin / Sarjana Teknik Elektro
7	Kepala Departemen Keuangan dan Pemasaran	Sarjana Ekonomi
8	Kepala Departemen Administrasi	Sarjana Ekonomi
9	Kepala Departemen Umum dan Keamanan	Sarjana Hukum
10	Kepala Departemen Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan	Sarjana Teknik Kimia / Sarjana Teknik Lingkungan
11	Kepala Divisi	Ahli Madya Teknik Kimia
12	Operator	STM/SMU/Sederajat
13	Sekretaris	Akademi Sekretaris
14	Staff	Ahli Madya
15	Medis	Dokter
16	Paramedis	Ahli Madya Keperawatan
17	Lain - lain	SLTA

4.6.5.2 Perincian Jumlah Karyawan

Tabel 4.27Jumlah karyawan tiap divisi

No	Jabatan	Jumlah
1	Direktur Utama	1
2	Direktur	2
3	Kepala Bagian	7
4	Kepala Seksi	15

5	Kepala *Shift*	20
6	Pegawai Staff 1	10
7	Pegawai Staff 2	8
8	Operator	40
9	Kepala *Security*	1
10	*Security*	8
11	Pegawai	8
Jumlah		120

4.6.5.3 Sistem Gaji Pegawai

Sistem pembagian gaji pada perusahaan terbagi menjadi 3 jenis yaitu:

a. Gaji Bulanan

Gaji yang diberikan kepada pegawai tetap dengan jumlah sesuai peraturan perusahaan.

b. Gaji Harian

Gaji yang diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.

c. Gaji Lembur

Gaji yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokok.

Berikut adalah perincian gaji sesuai dengan jabatan

Tabel 4.28 Penggolongan gaji berdasarkan jabatan

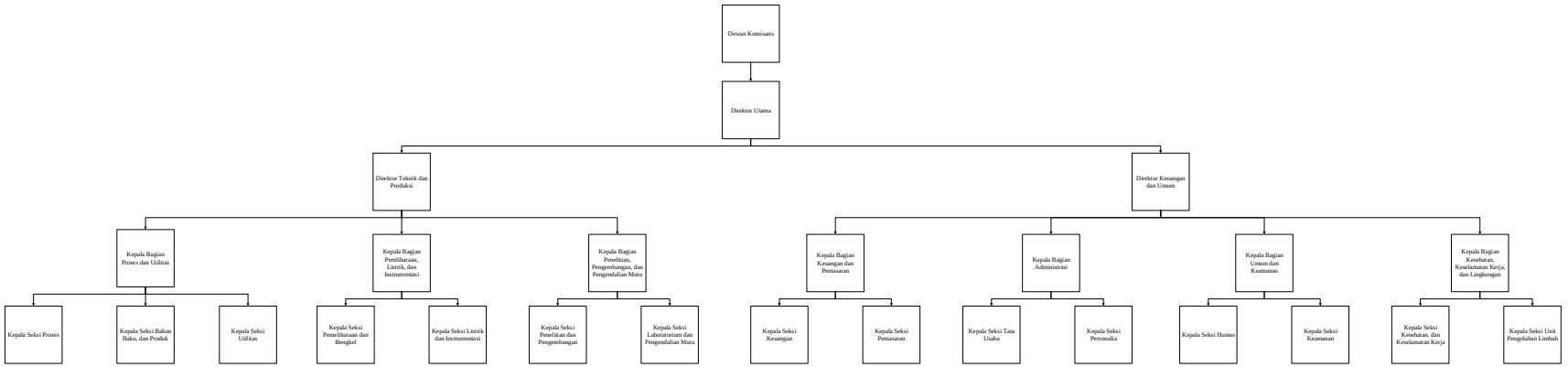
No	Jabatan	Gaji/Bulan (Rp)
1	Direktur Utama	40.000.000,00
2	Direktur	30.000.000,00
3	Kepala Bagian	20.000.000,00
4	Kepala Seksi	9.000.000,00
5	Kepala *Shift*	8.500.000,00
6	Pegawai Staff 1	7.000.000,00
7	Pegawai Staff 2	6.000.000,00
8	Operator	5.000.000,00
9	Kepala *Security*	5.000.000,00
10	*Security*	2.500.000,00
11	Pegawai	2.000.000,00
Jumlah		134.500.000,00

4.6.5.4 Kesejahteraan Keryawan

Peningkatan efektifitas kerja pada perusahaan dilakukan dengan cara pemberian fasilitas untuk kesejahteraan karyawan. Upaya yang dilakukan selain memberikan upah resmi adalah memberikan beberapa fasilitas lain kepada setiap tenaga kerja berupa :

1. Fasilitas cuti tahunan selama 12 hari.
2. Fasilitas cuti sakit berdasarkan surat keterangan dokter.
3. Tunjangan hari raya dan bonus berdasarkan jabatan.

4. Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja lebih dari jumlah jam kerja pokok.
5. Fasilitas asuransi tenaga kerja, meliputi tunjangan kecelakaan kerja dan tunjangan kematian, yang diberikan kepada keluarga tenaga kerja yang meninggal dunia baik karena kecelakaan sewaktu bekerja.
6. Pelayanan kesehatan berupa biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit akibat kecelakaan kerja.
7. Penyediaan kantin, tempat ibadah dan sarana olah raga.
8. Penyediaan seragam dan alat-alat pengaman (sepatu dan sarung tangan).
9. *Family Gathering Party* (acara berkumpul semua karyawan dan keluarga) setiap satu tahun sekali.



Gambar 4.6 Struktur organisasi perusahaan

4.7 Evaluasi Ekonomi

Dalam penentuan kelayakan dari suatu rancangan pabrik kimia diperlukan estimasi profitabilitas. Estimasi profibilitas meliputi beberapa faktor yang ditinjau yaitu :

1. *Return On Investment* (ROI)
2. *Pay Out Time* (POT)
3. *Break Even Point* (BEP)
4. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR)
5. *Shut Down Point* (SDP)

Terdapat beberapa analisa yang perlu dilakukan sebelum melakukan estimasi profibilitas dari suatu rancangan pabrik kimia. Analisa tersebut terdiri dari penentuan modal industri (*Capital Invesment*) dan pendapatan modal. Penentuan modal industri terdiri dari :

1. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)
2. Modal Kerja
3. Biaya Produksi Total

Meliputi

a. Biaya Pembuatan (*Manufacturing Cost*)
b. Biaya Pengeluaran Umum (*General Expenses*)

Analisa pendapatan modal berfungsi untuk mengetahui titik impas atau *Break Even Point* dari suatu rancangan pabrik.Analisa pendapatan modal terdiri dari :

a. Biaya Tetap (*Fixed Cost*)
b. Biaya Variabel (*Variable Cost*)
c. Biaya Mengambang (*Regulated Cost*)

4.7.1 Harga Alat

Harga dari suatu alat industriakan berubah seiring dengan perubahan ekonomi. Maka diperlukan perhitungan konversi harga alat sekarang terhadap harga alat beberapa tahun lalu.

Tabel 4.29 Indeks harga tiap tahun

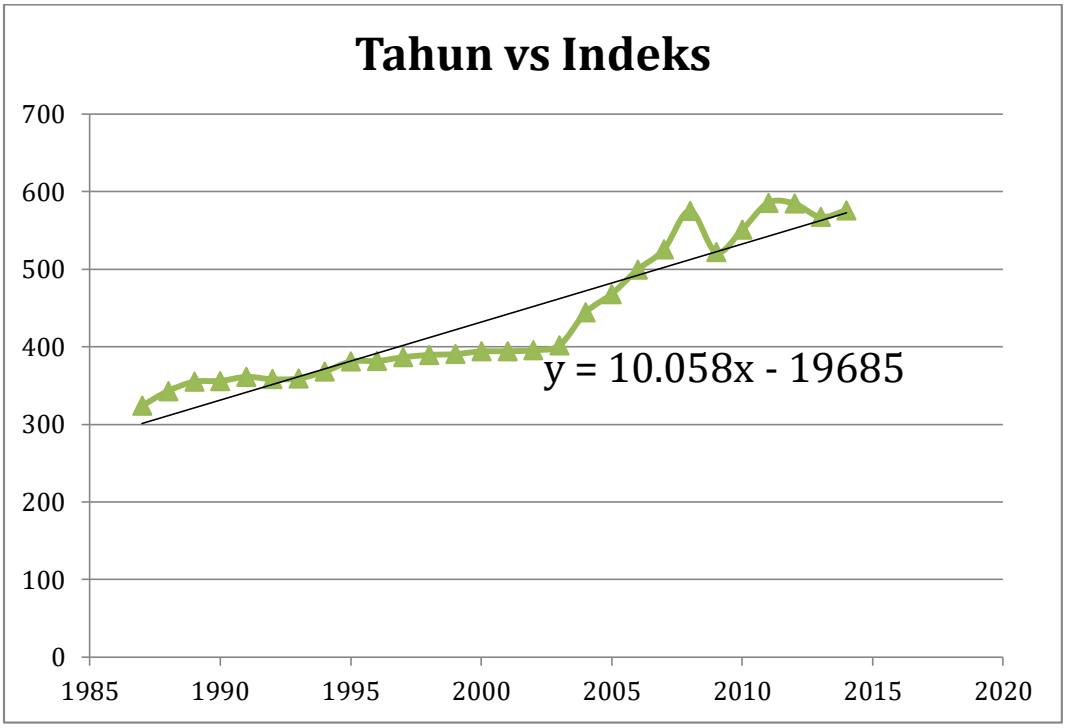
Tahun (X)	indeks (Y)
1987	324
1988	343
1989	355
1990	356
1991	361,3
1992	358,2
1993	359,2
1994	368,1
1995	381,1
1996	381,7
1997	386,5
1998	389,5
1999	390,6
2000	394,1
2001	394,3

Lanjutan tabel 4.29

2002	395,6
2003	402
2004	444,2
2005	468,2
2006	499,6
2007	525,4
2008	575,4
2009	521,9
2010	550,8
2011	585,7
2012	584,6
2013	567,3
2014	576,1
Total	12239,4

Sumber *: Chemical Engineering Plant Cost Index* (CEPCI) (www.che.com)

Berdasarkan data tersebut, maka persamaan regresi *linier* yang diperoleh adalah y = 10.058x – 19685. Pabrik Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit Kapasitas 30.000 ton/tahun akan dibangun pada tahun 2020, maka dari persamaan regresi linier diperoleh indeks sebesar 632.16. Berikut adalah grafik hasil *plotting* data



Gambar 4.7 Grafik tahun vs indeks harga

Harga alat diperoleh dari situs matches (*www.matche.com*) dan buku karangan *Peters & Timmerhaus*. Perhitungan alat pada tahun pabrik dibangun diperoleh dengan rumus berikut

$$Ex = Ey\frac{Nx}{Ny}$$

(Aries & Newton, 1955)

Keterangan

Ex : Harga pembelian alat pada tahun 2020

Ey : Harga pembeliat alat pada tahun referensi

Nx : Indeks harga pada tahun 2020

Ny : Indeks harga pada tahun referensi

Berikut adalah hasil perhitungan menggunakan rumus tersebut.

Tabel 4.30 Harga alat pada tahun 2020

Alat	Jumlah	2014	2020	Total
Tangki CH_3OH	1	$110.900,00	$121.691,6230	$121.691,62
Tangki NaOH	1	$23.600,00	$25.896,5041	$25.896,50
Tangki Minyak Jarak	1	$213.900,48	$234.715,0284	$234.715,03
Tangki HCl	1	$31.600,00	$34.674,9800	$34.674,98
Tangki Biodiesel	1	$81.700,00	$89.650,1857	$89.650,19
Tangki Gliserol	1	$88.800,00	$97.441,0831	$97.441,08
Mixer 1	1	$82.700,00	$90.747,4952	$90.747,50
RATB 1	1	$63.500,00	$69.679,1529	$69.679,15
Netralizer 1	1	$81.400,00	$89.320,9929	$89.320,99
Dekanter 1	1	$74.600,00	$81.859,2883	$81.859,29
Dekanter 2	1	$56.600,00	$62.107,7174	$62.107,72
Washing Tower 1	1	$94.100,00	$103.256,8235	$103.256,82
Evaporator 1	1	$28.000,00	$30.724,6659	$30.724,67
Evaporator 2	1	$39.400,00	$43.233,9941	$43.233,99
Heater 1	1	$1.300,00	$1.426,5023	$1.426,50
Heater 2	1	$4.900,00	$5.376,8165	$5.376,82
Pompa 01	1	$500,00	$548,6547	$548,65
Pompa 02	1	$300,00	$329,1928	$329,19

Lanjutan tabel 4.30

Alat	Jumlah	2014	2020	Total
Pompa 03	1	$500,00	$548,6547	$548,65
Pompa 04	1	$500,00	$548,6547	$548,65
Pompa 05	1	$700,00	$768,1166	$768,12
Pompa 06	1	$400,00	$438,9238	$438,92
Pompa 07	1	$700,00	$768,1166	$768,12
Pompa 08	1	$500,00	$548,6547	$548,65
Pompa 09	1	$700,00	$768,1166	$768,12
Pompa 10	1	$500,00	$548,6547	$548,65
Pompa 11	1	$500,00	$548,6547	$548,65
Pompa 12	1	$500,00	$548,6547	$548,65
Pompa 13	1	$300,00	$329,1928	$329,19
Cooler 1	1	$28.100,00	$30.834,3968	$30.834,40
Cooler 2	1	$26.100,00	$28.639,7778	$28.639,78
Cooler 3	1	$17.500,00	$19.202,9162	$19.202,92
Condensor 1	1	$28.800,00	$31.602,5135	$31.602,51
TOTAL				$1.184.700,48

4.7.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas Produksi = 30.000 ton/tahun

Satu tahun operasi = 330 hari

Tahun pendirian pabrik = 2020

Kurs mata uang = 1 US$ = Rp 13.480

4.7.3 Perhitungan Biaya

4.7.3.1 Capital Invesment

Capital Investment merupakan jumlah pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas – fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya.*Capitalinvestment* terdiri dari:

1. *Fixed Capital Investment*

   Biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas – fasilitas pabrik.

2. *Working Capital Investment*

   Biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

4.7.3.2 Manufacturing Cost

Manufacturing Cost merupakan jumlah *Direct Manufacturing Cost, Indirect Manufacturing Cost* dan *Fixed Manufacturing Cost,* atau biaya – biaya yang bersangkutan dalam pembuatan produk.*Manufacturing Cost* meliputi :

a. *Direct Cost Direct Cost*

   Pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

b. *Indirect Cost Indirect Cost*

   Pengeluaran–pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.

c. *Fixed Cost*

Biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

4.7.3.3 General Expense

Berupa pengeluaran umum meliputi pengeluaran–pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk *Manufacturing Cost*.

4.7.4 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan digunakan untuk mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial atau tidak secara ekonomi. Berikut adalah perhitungan – perhitungan yang digunakan dalam analisa kelayakan ekonomi dari suatu rancangan pabrik.

4.7.4.1 *Percent Return On Investment* (ROI)

Return On Investment adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan.

$$ROI = \frac{Keuntungan}{Fixed\ Capital}\ x\ 100\ \%$$

4.7.4.2 *Pay Out Time* (POT)

Pay Out Time (POT) merupakan :

1. Jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *Capital Investment* dengan *profit* sebelum dikurangi depresiasi.
2. Waktu minimum secara teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan.
3. Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.

$$POT = \frac{Fixed\ Capital\ Investment}{(Keuntungan\ Tahuhan + Depresiasi)}$$

4.7.4.3 *Break Even Point* (BEP)

Break Even Point (BEP) merupakan :

1. Titik impas produksi yaitu suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian.
2. Titik yang menunjukkan pada tingkat berapa biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan *BEP* kita dapat menetukan harga jual dan jumlah unit yang dijual secara secara minimum dan berapa harga serta unit penjualan yang harus dicapai agar mendapat keuntungan.

3. Kapasitas produksi pada saat *sales* sama dengan *total cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi dibawah *BEP* dan akan untung jika beroperasi diatas *BEP*.

$$BEP = \frac{(Fa + 0{,}3Ra)}{(Sa - Va - 0{,}7Ra)} \times 100\%$$

Keterangan:

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra :*Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

4.7.4.4 *Shut Down Point* (SDP)

Shut Down Point (SDP) merupakan:

1. Suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain *Variable Cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan *profit*).
2. Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mancapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus berhenti beroperasi atau tutup.
3. Level produksi di mana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Cost*.

4. Merupakan titik produksi dimana pabrik mengalami kebangkrutan sehingga pabrik harus berhenti atau tutup.

$$SDP = \frac{0{,}3Ra}{(Sa - Va - 0{,}7Ra)} \times 100\%$$

4.7.4.5 *Discounted Cash Flow Rate Of Return* (DCFR)

Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR) merupakan:

1. Analisa kelayakan ekonomi dengan menggunakan *DCFR* dibuat dengan menggunakan nilai uang yang berubah terhadap waktu dan dirasakan atau investasi yang tidak kembali pada akhir tahun selama umur pabrik.
2. Laju bunga maksimal dimana suatu proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.
3. Merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik

Berikut adalah persamaan yang digunakan dalam penentuan *DCFR*

$$(FC + WC)(1 + i)^N = C \sum_{n=0}^{n=N-1} (1 + i)^N + WC + SV$$

Keterangan :

FC : *Fixed capital*

WC : *Working capital*

SV : *Salvage value*

C : *Cash flow* (*profit after taxes + depresiasi + finance)*

n : Umur pabrik = 10 tahun

i : Nilai *DCFR*

4.7.5 Hasil Perhitungan

4.7.5.1 Penentuan *Fixed Capital Invesment*(FCI)

Tabel 4.31 *Physical Plant Cost* (PPC)

No	*Tipe of Capital Investment*	Harga (Rp)	Harga ($)
1	Harga Alat	Rp21.893.621.200	$1.624.156
2	Instalasi	Rp3.391.861.144	$251.622
3	Pemipaan	Rp7.679.008.979	$569.659
4	Instrumentasi	Rp2.239.152.243	$166.109
5	Isolasi	Rp754.387.921	$55.963
6	Instalasi Listrik	Rp1.751.489.696	$129.932
7	Pembelian Tanah dan Perbaikan	Rp3.622.500.000	$268.731
8	Pembuatan Bangunan dan Perlengkapan	Rp13.500.000.000	$1.001.484
9	Utilitas	Rp19.417.268.743	$1.440.450
Physical Plant Cost (PPC)		**Rp74.249.289.925**	**$5.508.108**

Tabel 4.32 *Direct Plant Cost* (DPC)

No	*Tipe of Capital Investment*	Harga (Rp)	Harga ($)
1	Teknik dan Konstruksi	Rp18.562.322.481	$1.377.027
Total (DPC + PPC)		**Rp92.811.612.406**	**$6.885.134**

Tabel 4.33 *Fixed Capital Investment* (FCI)

No	*Tipe of Capital Investment*	Harga (Rp)	Harga ($)
1	Total DPC + PPC	Rp 92.811.612.406,06	$6.885.134
2	Kontraktor	Rp 3.712.464.496,24	$275,405
3	Biaya tak terduga	Rp 9.281.161.240,61	$688,513
Fixed Capital Investment (FCI)		Rp **105.832.466.947,50**	**$7.849.053**

4.7.5.2 Penentuan *Total Production Cost* (TPC)

Tabel 4.34 *Direct Manufacturing Cost* (DMC)

No	*Tipe of Expense*	Harga (Rp)	Harga ($)
1	*Raw Material*	Rp 82.404.918.917	$6.113.125
2	*Labor*	Rp 10.728.000.000	$795.846
3	*Supervision*	Rp 1.072.800.000	$79.585
4	*Maitenance*	Rp 750.960.000	$55.709
5	*Plant Supplies*	Rp 112.644.000	$8.356
6s	*Royalty and Patents*	Rp 2.224.306.641	$165.008
7	*Utilities*	Rp 7.062.034.443	$523.890
Direct Manufacturing Cost (DMC)		Rp 104.355.664.002	$7.741.518

Tabel 4.35 *Indirect Manufacturing Cost* (IMC)

No	*Tipe of Expense*	Harga (Rp)	Harga ($)
1	*Payroll Overhead*	Rp 2.145.600.000	$159.169
2	*Laboratory*	Rp 2.145.600.000	$159.169
3	*Plant Overhead*	Rp 7.509.600.000	$557.092
4	*Packaging and Shipping*	Rp 11.121.533.206	$825.040
Indirect Manufacturing Cost (IMC)		**Rp 22.922.333.206**	**$1.700.470**

Tabel 4.36 *Fixed Manufacturing Cost* (FMC)

No	*Tipe of Expense*	Harga (Rp)	Harga ($)
1	*Depreciation*	Rp 10.580.523.814	$784.905
2	*Property taxes*	Rp 2.116.104.763	$156.981
3	*Insurance*	Rp 1.058.052.381	$78.491
Fixed Manufacturing Cost (FMC)		**Rp 13.754.680.959**	**$1.020.377**

Tabel 4.37 *Total Manufacturing Cost* (TMC)

No	*Tipe of Expense*	Harga (Rp)	Harga ($)
1	*Direct Manufacturing Cost (DMC)*	Rp 104.355.664.002	$7.741.518
2	*Indirect Manufacturing Cost (IMC)*	Rp 22.922.333.206	$1.700.470
3	*Fixed Manufacturing Cost (FMC)*	Rp 13.754.680.959	$1.020.377
Manufacturing Cost (MC)		**Rp 141.032.678.167**	**$10.462.365**

Tabel 4.38 *Total Working Capital* (TWC)

No	***Tipe of Expense***	**Harga (Rp)**	**Harga ($)**
1	*Raw Material Inventory*	Rp 6.867.076.576	$509.427
2	*In Process Inventory*	Rp 70.516.339.083	$5.231.182
3	*Product Inventory*	Rp 11.752.723.181	$871.864
4	*Extended Credit*	Rp 18.535.888.677	$1.375.066
5	*Available Cash*	Rp 11.752.723.181	$871.864
Working Capital (WC)		**Rp 119.424.750.697**	**$8.859.403**

Tabel 4.39 *General Expense* (GE)

No	***Tipe of Expense***	**Harga (Rp)**	**Harga ($)**
1	*Administration*	Rp 7.051.633.908	$523.118
2	*Sales expense*	Rp 16.923.921.380	$1.255.484
3	*Research*	Rp 7.051.633.908	$523.118
4	*Finance*	Rp 9.009.199.554	$668.338
General Expense (GE)		**Rp 40.036.388.750**	**$2.970.059**

Tabel 4.40 *Total Production Cost* (TPC)

No	*Tipe of Expense*	Harga (Rp)	Harga ($)
1	*Manufacturing Cost (MC)*	Rp 141.032.678.167	$10.462.365
2	*General Expense (GE)*	Rp 40.036.388.750	$2.970.059
Total Production Cost (TPC)		**Rp 181.069.066.917**	**$13.432.423**

4.7.5.3 Penentuan *Fixed Cost* (Fa)

Tabel 4.41 *Fixed Cost* (Fa)

No	*Tipe of Expense*	Harga (Rp)	Harga ($)
1	*Depreciation*	Rp 10.580.523.814	$784.905
2	*Property taxes*	Rp 2.116.104.763	$156.981
3	*Insurance*	Rp 1.058.052.381	$78.491
Fixed Cost (Fa)		**Rp 13.754.680.959**	**Rp 13.754.680.959**

4.7.5.4 Penentuan *Variable Cost* (Va)

Tabel 4.42 *Variable Cost* (Va)

No	*Tipe of Expense*	Harga (Rp)	Harga ($)
1	*Raw material*	Rp 82.404.918.917	$6.113.125
2	*Packaging & shipping*	Rp 11.121.533.206	$825.040
3	*Utilities*	Rp 7.062.034.443	$523.890
4	*Royalties and Patents*	Rp 2.224.306.641	$165.008
Variable Cost (Va)		**Rp 100.144.353.802,10**	**102.812.793.208**

4.7.5.5 Penentuan *Regulated Cost* (Ra)

Tabel 4.42 *Regulated Cost* (Ra)

No	*Tipe of Expense*	Harga (Rp)	Harga ($)
1	*Labor cost*	Rp 10.728.000.000	$795.846
2	*Plant overhead*	Rp 7.509.600.000	$557.092
3	*Payroll overhead*	Rp 2.145.600.000	$159.169
4	*Supervision*	Rp 1.072.800.000	$79.585
5	*Laboratory*	Rp 2.145.600.000	$159.169
6	*Administration*	Rp 7.051.633.908	$523.118
7	*Finance*	Rp 9.009.199.554	$668.338
8	*Sales expense*	Rp 16.923.921.380	$1.255.484
9	*Research*	Rp 7.051.633.908	$523.118
10	*Maintenance*	Rp 750.960.000	$55.709
11	*Plant supplies*	Rp 112.644.000	$8.356
Regulated Cost (Ra)		**Rp 64.501.592.750**	**$4.784.985**

4.7.5.6 Analisa Keuntungan

Harga jual produk *Biodiesel* = Rp 11.000 / L

Annual Sales (Sa) = Rp 222.430.664.119

Total Cost = Rp 181.069.066.917

Keuntungan Sebelum Pajak = Rp 41.361.597.202

Keuntungan Setelah Pajak = Rp 24.816.958.321

4.7.5.7 *Percent Return On Investment* (ROI)

$$ROI = \frac{Keuntungan}{Fixed\ Capital}\ x\ 100\ \%$$

ROI sebelum pajak = 36,33%

ROI setelah pajak = 21,80%

Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah minimun adalah 11% dan syarat ROI setelah pajak dengan resiko rendah adalah 11% - 44%, sedangkan untuk resiko tinggi di atas 44% (Aries & Newton, 1955).

4.7.5.8 *Pay Out Time* (POT)

$$POT = \frac{Fixed\ Capital\ Investment}{(Keuntungan\ Tahuhan + Depresiasi)}$$

POT sebelum pajak =2,16 tahun

POT setelah pajak =3,14 tahun

Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah maksimum adalah 5 tahun dan syarat POT setelah pajak dengan resiko rendah maksimum adalah 5 tahun, sedangkan untuk resiko tinggi sebesar 2 tahun. (Aries & Newton, 1955).

4.7.5.9 *Break Even Point* (BEP)

$$BEP = \frac{(Fa + 0{,}3Ra)}{(Sa - Va - 0{,}7Ra)} \times 100\%$$

BEP = 45,67 %

BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40%–60%.

4.7.5.10 *Shut Down Point* (SDP)

$$SDP = \frac{0{,}3Ra}{(Sa - Va - 0{,}7Ra)} \times 100\%$$

SDP = 26,23%

SDP pabrik kimia umunya adalah 22% - 30%.

4.7.5.11 *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR)

$$(FC + WC)(1 + i)^N = C \sum_{n=0}^{n=N-1} (1 + i)^N + WC + SV$$

Umur pabrik = 10 tahun

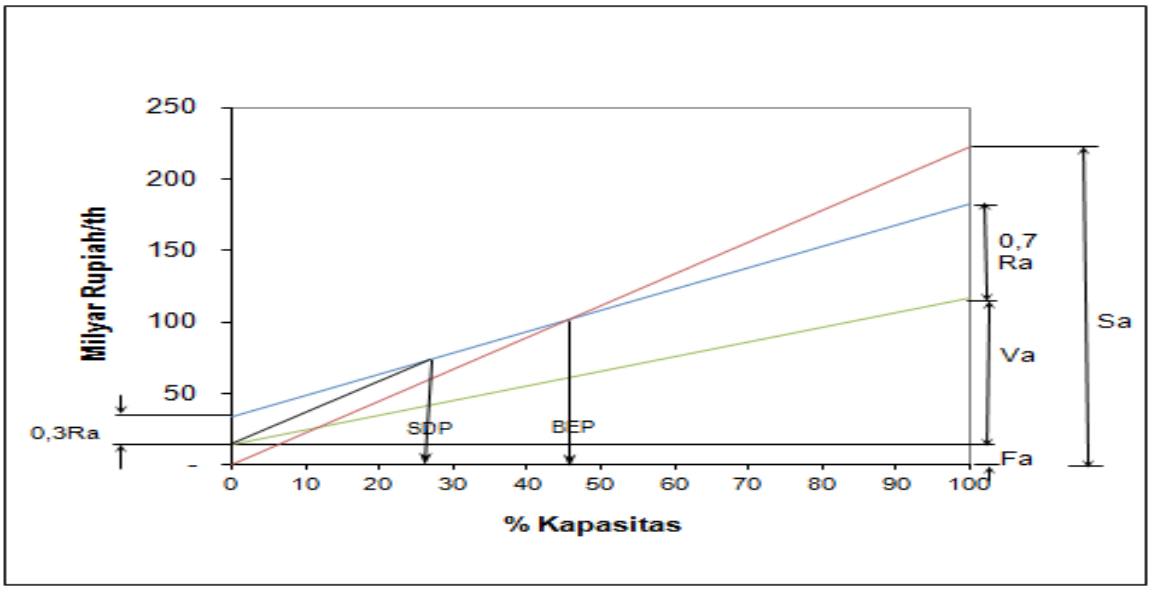
Fixed Capital Cost =Rp 105.805.238.143

Working Capital = Rp 119.424.750.697

Salvage Value (SV) =Rp 15.870.785.721

Cash flow (CF) = *Annual profit + depresiasi + finance*

Dengan *trial and error* diperoleh nilai i sebesar 18,02%. Hasil dari perhitungan tersebut berbanding 2,5% dengan bunga deposito Bank Rakyat Indonesia (BRI) yaitu sebesar 7%.



Gambar 4.8 Nilai SDP dan BEP

BAB V

PENUTUP

4.8 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan prarancangan pabrik biodiesel dari minyak kelapa sawit (CPO) ini membutuhkan bahan baku berupa minyak kelapa sawit (CPO) dan metanol (CH_3OH), dimana untuk kebutuhan minyak kelapa sawit per-tahunnya sebanyak 49.021,0284 ton/tahun, sedangkan untuk kebutuhan methanol sebesar 11.280,5620 ton/tahun. Pabrik ini digolongkan pabrik beresiko rendah (*low risk)* karena:

1. Berdasarkan tinjauan proses, kondisi operasi, sifat-sifat bahan baku dan produk, tidak beracun dan beroperasi pada tekanan dan suhu yang rendah, maka pabrik ini digolongkan pabrik beresiko rendah (*low risk)*
2. Berdasarkan hasil analisis ekonomi adalah sebagai berikut :
    1) Keuntungan yang diperoleh :

       Keuntungan sebelum pajak Rp 40.318.516.440/tahun, dan keuntungan setelah pajak (40%) sebesar Rp 24.191.109.864/tahun.
    2) *Return On Investment* (ROI) :

       Presentase ROI sebelum pajak sebesar 36,33%, dan ROI setelah pajak sebesar 21,80%. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah minimun adalah 11% dan syarat ROI setelah pajak dengan resiko rendah adalah 11% - 44%, sedangkan untuk resiko tinggi diatas 44 % (Aries & Newton, 1955).

3) *Pay Out Time* (POT) :

   POT sebelum pajak selama 2,16 tahun dan POT setelah pajak selama 3,14 tahun. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah maksimum adalah 5 tahun dan syarat POT setelah pajak dengan resiko rendah maksimum adalah 5 tahun, sedangkan untuk resiko tinggi sebesar 2 tahun. (Aries & Newton, 1955).

4) *Break Event Point* (BEP) pada 45,67 %, dan *Shut Down Point* (SDP) pada 26,23 %. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40%–60%. SDP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 22% - 30%.

5) *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 18,02%. Syarat minimum DCFR adalah di atas suku bunga pinjaman bank yaitu sekitar 1,5 x suku bunga pinjaman bank (1,5 x 10% = 15%).

Berdasarkan perhitungan utilitas yang telah dilakukan terhadap kebutuhan air, listrik dan steam, didapat bahwa kebutuhan air pabrik secara keseluruhan sebesar 1.155.527,4057 kg/jam dimana masing-masing terdiri dari kebutuhan air untuk proses sebanyak 961.184,1816 kg/jam, air untuk steam sebanyak 383,7954 kg/jam, air untuk make-up sebanyak 192.313,5954 kg/jam dan kebutuhan air untuk domestic sebanyak 1.646 kg/jam. Sedangkan kebutuhan listrik total baik untuk alat proses dan keperluan lainnya sebesar 1.242,4750 kW.

Selain perhitungan secara teknis, dilakukan juga perhitungan secara ekonomi terhadap tugas pra-rancangan pabrik ini, dan berdasarkan perhitungan tersebut pabrik Biodiesel dari minyak kelapa sawit (CPO) dan methanol dengan kapasitas 30.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

5.2 Saran

Perancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep-konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pendirian suatu pabrik kimia diantaranya sebagai berikut :

1. Optimasi pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
2. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.

Produk biodiesel dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan energi campuran dari bahan bakar minyak di masa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

Biro Pusat Statistik,*"Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia",* Indonesia foreign, Trade Statistic Import, Yogyakarta, (2006-2011).

Blueprint Pengelolaan Energi Nasional, (2006 – 2025)

Brown, G.G., Donal Katz, Foust, A.S., and Schneidewind, R., (1978), *Unit Operation*, Modern Asia Edition, John Wiley and Sons, Ic., New York

Brownell, L.E., and Young, E.H.*, "Process Equipment Design"*, 2nd Ed., John Willey and Sons. Inc., New York, (1959).

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

Darnoko, D., and Cheryan .,M. *"Kinetics of Palm Oil Transesterification"*, JAOCS Vol 77 no 12, pp 1263-1267, (2000).

Faith, Keyes & Clark., *"Industrial Chemical"*, 4th ed, John Willey and Sons, Inc., New York, (1955).

Fogler, Scott H., (1999), "*Elements of Chemical Reaction Engineering"*, 3rd Ed., Prentice Hall International Inc., USA

Geankoplis, J.Christie., (1978), *"Transport Process and Unit Operation"*, Prentice Hall International

Herizal dan Rahman, M. (2008). Optimalisasi Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit Menjadi Biodisel dengan Katalis NaOH. Lembaran Publikasi Lemigas, 42: 61 – 66

http://id.wikipedia.org

Kansedo, J., Lee, K.T. and Bhatia, S. (2008). *Biodisel Production from Palm Oil* via *Heterogeneous Transesterification*. *Biomass Bioenergy*. 33: 271–276.

Kern, D.Q., (1983), *Process Heat Transfer*, Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York

Levenspiel, O., (1972), *Chemical Reaction Engineering*, 2nd ed., John Wiely and Sons, Inc., New York

Mardiah, dkk, (2006)

Mc Cabe, Smith, J.C., and Harriot, (1985), *Unit Operation of Chemical Engineering*, 4th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York

Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik ndonesia., No : 20, (2014).

Perry, R.H., and Green, D.W., (1986), *Perry's Chemical Engineer's Handbook*, 6th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York

Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D., (1980), *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 3rd ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York

Rase, H.F., and Barrow, M.H., (1957), *Project Engineering of Process Plants*, Wiley, Inc., New York

Soerawidjaja,T.H. (2006). Raw Material Aspects of Biodisel Production in Indonesia.*Seminar "Business Opportunities of Biodisel into the Fuel Market in Indonesia"*,8 Maret (2006). Jakarta: BPPT

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

Treyball, R.E., (1981), "Mass Transfer Operation", 3 ed., Mc. Graw Hill Book Company, Inc., Singapore.

Walas, S.M., (1988), *Chemical Process Equipment*, 3rd ed., Butterworths series in chemical engineering, USA

Yaws, C.L., (1999), *Chemical Properties Handbook*, McGraw Hill Companies Inc., USA

LAMPIRAN A

REAKTOR

Fungsi : Tempat Berlangsungnya reaksi antara minyak kelapa sawit dan Metanol dengan katalis *Natrium Hidroksida* (NaOH)

Jenis : Reaktor Tangki Alir Berpengaduk (RATB) dengan jaket pendingin

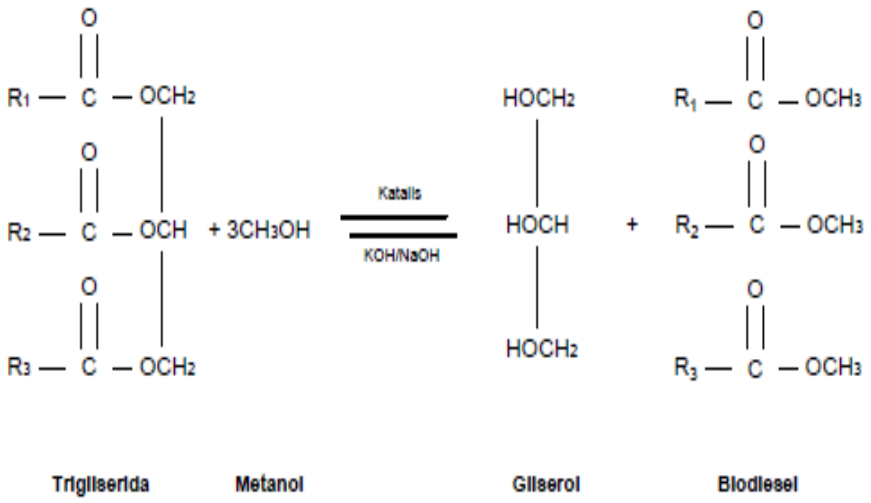
Kondisi Operasi : Eksotermis

T = 110 ^{0}C

P = 1 atm

A. Menghitung Kecepatan Volumetris Umpan

Persamaan reaksi :



Diketahui :

Komponen	C, kmol/jam	m, kg/jam	Densitas (ρ) (kg/L)	Fv (L/Jam)
Trigliserida	6,3506	5892,4266	0,918	6418,7654
CH_3OH	44,4542	1424,3134	0,791	1800,6490
NaOH	0,7142	28,5670	2,13	13,4118
FFA	0,9391	278,5286	0,88	316,5097
H_2O	3,0502	54,9495	1	54,9495
TOTAL	55,5083	7678,7851	5,7190	8604,2854

1. Menghitung Konsentrasi Umpan

Reaktan pembatas pada reaksi transesterifikasi ini adalah R-COOH, maka R-COOH adalah senyawa A dan CH3OH adalah senyawa B.

$$CAo = \frac{mol\ A}{\Sigma Fv} = 0.0007\ kmol/L$$

2. Menghitung Harga Konstanta Kecepatan Reaksi

Asumsi :

- Reaksi Orde I,
- Reaksi *reversible,*
- Pengadukan sempurna sehingga konsentrasi keluar reaktor sama dengan konsentrasi didalam reaktor,
- Kecepatan alir volumetrik (Fv) masuk reaktor sama dengan kecepatan alir volumetrik keluar reaktor.

$$-r_A = -\frac{dC_A}{dt} = kC_A$$

$$-r_A = -\frac{dC_{AO}(1-x_A)}{dt} = C_{Ao}\frac{dx_A}{dt}$$

$$C_{AO}\frac{dx_A}{dt} = kC_{AO}(1-x_A)$$

$$\frac{dx_A}{(1-x_A)} = C_{Aa}.k.dt$$

$$\int\frac{dx_A}{(1-x_A)} = C_{AO}.k.\int_0^t dt$$

$$\ln(1-X_A) = C_{AO}kt$$

$$k = \frac{\ln(1-X_A)}{C_{AO}.t}$$

Dimana : k : Konstanta kecepatan reaksi esterifikasi, L/mol.jam

CAo : Konsentrasi reaktan A mula-mula = 0,0007 kmol/L

t : Waktu reaksi = 0,9478 jam

xA : Konversi reaksi = 0.8

Maka : k = 0.0108/ min

B. OPTIMASI REAKTOR

1. Menghitung Jumlah Reaktor

Volume untuk 1 reaktor dengan rumus :

$$R_{in} - R_{out} - R_{reaksi} = R_{acc}$$

$$X_1 = X_2 = X_3$$

$$-r_{A1} = -r_{A2} = -r_{A3}$$

dimana : n = jumlah reaktor

$$F_{A0i} = \frac{F_{AO}}{n}$$

$$V = F_{AO}\left(\frac{X}{(-r_A)}\right)$$

Volume untuk reaktor paralel dengan rumus :

$$V = F_{AO}\left(\frac{X}{(-r_a)}\right)$$

Dengan cara Trial konversi masing-masing reaktor untuk mendapatkan volume reaktor paralel diperoleh dengan menggunakan excel :

- Untuk 1 buah reaktor

  V = 8155,4816 liter

  τ = 0,9478 jam

  x_A= 0.8

- Untuk 2 buah reaktor

  V = 4077,7408 liter

  τ = 0,9478 jam

  x_A= 0.8

- Untuk 3 buah reaktor

  V = 2718,4939 liter

  τ = 0,9478 jam

  x_A= 0.8

- Untuk 4 buah reaktor

  V = 2038,8704 liter

  τ = 0,9478 jam

  x_A= 0.8

- Untuk 5 buah reaktor

  V = 1631,0963 liter

  τ = 0,9478 jam

  x_A= 0.8

2. Menghitung Harga Reaktor

Kondisi Operasi : T = 110 ^{0}C

P = 1 atm

Bahan konstruksi reaktor dipilih *"Carbon Steel SA-283 Grade C",* maka basis harga reaktor pada volume 3000 gallon = $70.000 (*Timmerhaus,Fig. 16-35, P.731).*

$$E_b = E_a x \left(\frac{C_b}{C_a}\right)^{0.6}$$

Dimana : Ea : Harga reaktor basis

Eb : Harga reaktor perancangan

Ca : Kapasitas reaktor basis

Cb : Kapasitas reaktor perancangan

- Untuk 1 buah reaktor

$$E_b = \$70000x\left(\frac{2154{,}4503\ \ gallons}{3000\ gallons}\right)^{0.6}$$

$$E_b = \$\ 57388{,}80454$$

- Untuk 2 buah reaktor

$$E_b = \$70000x\left(\frac{1077{,}2252\ gallons}{3000\ gallons}\right)^{0.6}$$

$$E_b = \$\ 37862{,}49079$$

- Untuk 3 buah reaktor

$$E_b = \$70000x\left(\frac{718{,}1501\ gallons}{3000\ gallons}\right)^{0.6}$$

$$E_b = \$\ 29686{,}18744$$

- Untuk 4 buah reaktor

$$E_b = \$70000x\left(\frac{538{,}6126\ gallons}{3000\ gallons}\right)^{0.6}$$

$$E_b = \$\ 24979{,}92806$$

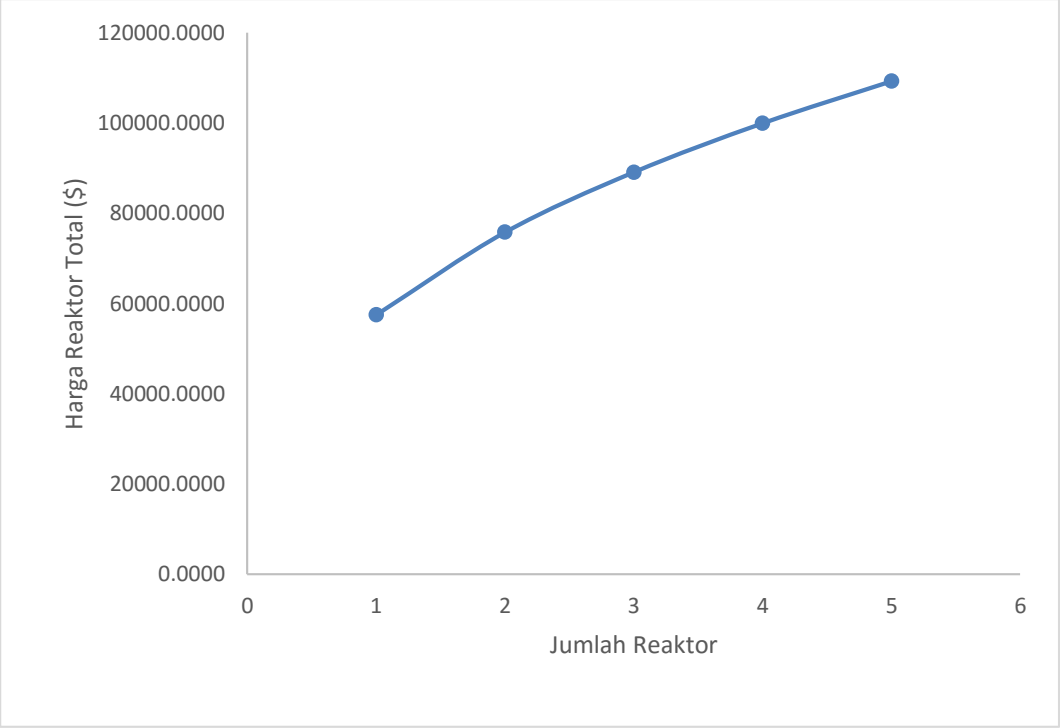
- Untuk 5 buah reaktor

$$E_b = \$70000x\left(\frac{430{,}8901\ gallons}{3000\ gallons}\right)^{0.6}$$

$$E_b = \$\ 21849{,}68476$$

3. Penentuan Jumlah Reaktor yang Optimum

Jumlah Reaktor	Volume (Liter)	Volume (Gallon)	Cost/Unit	Cost (dollar)
1	8155,4816	2154,4503	57388,8045	57388,8045
2	4077,7408	1077,2252	37862,4908	75724,9816
3	2718,4939	718,1501	29686,1874	89058,5623
4	2038,8704	538,6126	24979,9281	99919,7122
5	1631,0963	430,8901	21849,6848	109248,4238



Pertimbangan volume : V1 > V2 > V3 > V4 > V5

Pertimbangan harga reaktor : R1 < R2 < R3 < R4 < R5

Maka jumlah reaktor yang optimum sebanyak **1 buah** untuk mendapatkan harga perancangan reaktor yang minimum.

C. PERANCANGAN REAKTOR

Volume cairan dalam reaktor

V cairan = 2154,4503 gallons

= 8155,4816 liter

= 7,7301 m^3

= 272,9855 ft^3

Volume reaktor, *overdesign* 20%

V reaktor = 9786,5780 liter

= 9,7866 m^3

= 345,6097 ft^3

1. **Menetukan Diameter dan Tinggi Tangki Reaktor**

Dipilih RATB berbentuk silinder tegak dengan perbandingan D : H = 2 :3

(*Brownell & Young, table 3.3, P.43*)

Vreaktor = 345,6097 ft^3

$$V_{reaktor} = V_{shell} + 2V_{head}$$

$$V_{shell} = \frac{\pi}{4} xD^2 xH$$

$$V_{head} = 0{,}0847 D^3 \qquad \text{(Brownell \& Young, Page 88)}$$

$$V_{reaktor} = \left(\frac{\pi}{4} xD^2 xH\right) + \left(2x0.0847xD^3\right)$$

$$V_{reaktor} = \left(\frac{\pi}{4} x\left(\frac{3}{2} xD^3\right)\right) + \left(0{,}1694xD^3\right)$$

Maka, D = 6,2147 ft

= 1,8942 m = 74,5761 in

H = 9,3220 ft

= 111,8641 m = 2,8413 in

2. Menentukan Tebal Dinding (*Shell*) Reaktor

Digunakan persamaan:

$$t_s = \frac{P.r_i}{f.E.(0.6)P} + C$$

Dimana :

ts = tebal dinding *shell*, in

P = tekanan design (Poperasi x 1,2) = 17.64 psi

ri = jari-jari reaktor = 37,2880 in

E = effisiensi sambungan las = 0,85

f = tekanan maksimal yang diizinkan = 12650 psi

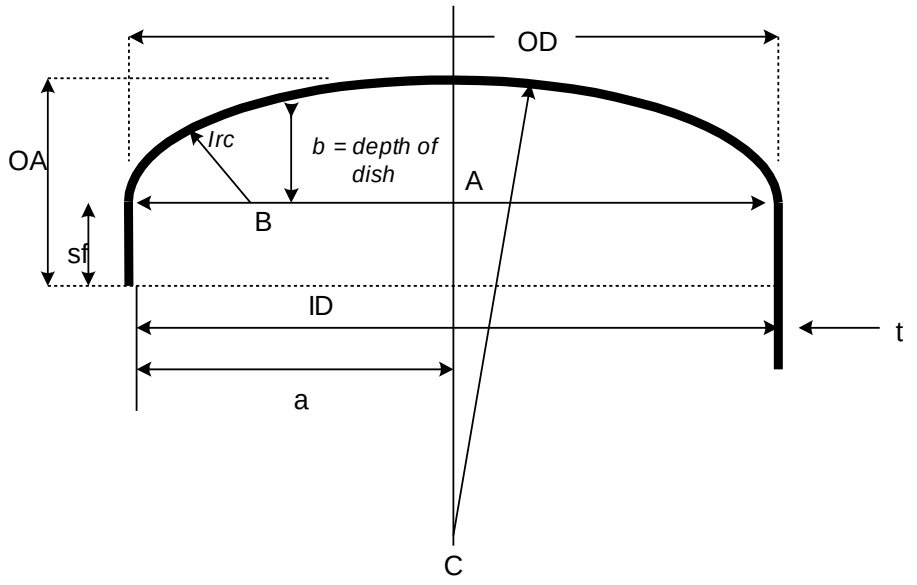
C = korosi yang diizinkan = 0,125 in

Maka, ts = 0.1862 in

Digunakan tebal shell standart = 3/16 in (Brownell&Young, table 5.7)

= 0,1875 in

3. **Menentukan Tebal Head**



Keterangan :

OD	=	Diameter luar	Sf	=	*Standard straight of flange*
ID	=	Diameter dalam	Icr	=	*Inside corner radius*
OA	=	Tinggi head bagian luar	b	=	kedalaman *dish*
T	=	Tebal dinding	a	=	jari-jari dalam

OD = ID + 2 x ts

$= \left(74{,}5761 + 2 \text{ x} \frac{3}{16}\right) \text{in}$

= 74,9511 in

Dari (*Tabel 5.7,halaman 90;Brownell, 1979)* untuk OD = 74,9511 in dan ts = 3/16 diperoleh harga :

r = 78

icr = $4\frac{3}{4}$

Tebal head dihitung dengan persamaan :

(persmaan 7.77, halaman 138;Brownell, 1979)

$$th = \frac{P \times r_i \times W}{2.f.E - 0{,}2.P} + C$$

Faktor (W) untuk tipe torisperical, dihitung dengan rumus :

$$W = \frac{1}{4}\left(3 + \sqrt{\frac{r}{icr}}\right)$$

$= 1{,}764$

Maka :

$$th = \frac{17{,}64 \text{ psi x } 37{,}2880 \text{ in x } 1{,}76}{(2 \text{ x } 12650 \text{ psi x } 0{,}85) - (0{,}2 \text{ x } 17{,}64)\text{psi}} + 0{,}125 \text{ in}$$

$= 0{,}1790$ in

$= 0{,}4545668$ cm

Dipilih tebal head standard = 3/16 in = 0,005 m

4. Menentukan Tinggi Head

Dari (*tabel 5.8halaman 93, Brownell, 1979)*, dengan th = 3/16 in, didapat :

sf = (1 1/2 – 2 1/4) in, dipilih sf = 2 in = 0,0508 m

$$a = \frac{ID}{2} = \frac{77{,}625 \text{ in}}{2} = 38{,}81 \text{ in}$$

AB = a – icr = (38,81– 4,75) in = 34,06 in

BC = rc – icr = (78 – 4,75) in = 73,25 in

$$AC = \sqrt{BC^2 - AB^2} = \sqrt{5365{,}5625 - 1160{,}0836} = 64{,}85 \text{ in}$$

b = rc – AC = (78 –64,85) in = 13,15 in

Tinggi head (OA) = th + b + sf

= (3/16+ 13,15+ 2) in

= 15,34 in

= 0,4 m

Volume head total (Vhead) = Volume head (Vh) + volume flange (Vsf)

Volume sebuah head untuk *torispherical dished head* adalah :

- Volume head (Vh) = 0,000049 ID^3 (pers.5-11 hal.88,Brownell)

  = 0,000049 x $77{,}625^3$

  = 22,92 ft^3

  = 0,65 m^3

- Volume flange (Vf)= $\frac{\pi}{4} x ID^2 x Sf$

  = $\frac{3{,}14}{4} x 77{,}625^2 x 0{,}0508$

  = 0,16 m

Vhead = 0,80 m

Vshell (Vs) = Volume design-2 x Volume Head total

= 9,7866-(2 x 0,8)

= 8,1785 m^3

Tinggi shell (Hs) = $\frac{4Vs}{\pi x ID^2}$

= $\frac{4x8{,}1785}{3{,}14x1{,}97^2}$

= 2,68 m

Tinggi Reaktor total = tinggi shell + (2 x tinggi head)

= 2,68 m + (2 x 0,4m)

= 3,5 m

Volume cairan dalam shell = Volume cairan – V head total

= 272,9855 - 0,80

= 272,1814 m^3

Tinggi cairan dalam shell = Hr - Hs

= 3,5 - 2,68

= 0,7792 m

5. Perancangan Pengaduk Reaktor

Komponen	μ (Cp)	Reaktor		
		jumlah, kg/jam	Fraksi massa, x_i	x.lnμ
Trigliserida	6,64	1178,4853	0,1535	0,2905
Gliserol	160	467,9023	0,0609	0,3093
CH_3OH	0,713	935,9774	0,1219	-0,0412
NaOH	0	28,5670	0,0037	0,0000
Metil Ester	9,255	4734,3750	0,6166	1,3719
H_2O	0,467	54,9495	0,0072	-0,0054
FFA	6,64	278,5286	0,0363	0,0687
TOTAL	183,7151	7678,7851	1,0000	1,9937

Tugas pengaduk : untuk mencampur.

Tipe Pengaduk : *flat blade turbin impeller*, 6 buah *blade* dengan 4 buah *baffle* (*Fig. 8.4, P-341, HF. Rase;1977*)

Diketahui :

$Dt = 1{,}97\ m$

$$D_t/D_i = 3$$

$$Di = D_t/3 = 0{,}66m$$

$$Zi/Di = 1{,}3 \rightarrow Zi = 0{,}85 \text{ m}$$

$$W/D_i = 0{,}17 \rightarrow W = 0{,}11\ m$$

$$L/D_i = 0{,}25 \rightarrow L = 0{,}16\ m$$

Ringkasan Ukuran Reaktor

- Diameter dalam reaktor (Dt) = 1,97 m
- Tinggi reaktor (ZR) = 3,46 m
- Jarak pengaduk dari dasar (Zi) = 0,85 m
- Diameter pengaduk (Di) = 0,66 m
- Lebar pengaduk (L) = 0,16 m
- Lebar *baffle* (W) = 0,11 m
- Tinggi cairan dalam silinder (ZL) = 0,78 m

6. Menghitung Kecepatan Pengaduk Dalam Reaktor

$$\frac{WELH}{2d_I} = \left[\frac{H\ D_i\ N}{600}\right]^2$$ (Eq. 8-8, P-345, HF. Rase;1977)

Dimana :

WELH : *Water Equipment Liquid Height*

Di : Diameter pengaduk (ft)

N : Kecepatan putaran pengaduk (rpm)

H : Tinggi pengaduk (ft)

$$WELH = ZL \times \left({\rho_{cairan}}/{\rho_{air}}\right)$$

$$= \ 0{,}7004\ m$$

$$N = \frac{600}{\pi\ D_i}\sqrt{\frac{WELH}{2D_i}}$$

$$= 122{,}55\ rpm$$

Kecepatan pengaduk (N) standar yang digunakan adalah 125 rpm (*P-288, Wallas;1959*)

7. Menghitung Bilangan Reynold

$$N_{re} = \frac{N \times {D_i}^2 \times \rho}{\mu}$$

$$= 1125{,}1565$$

Dengan mempergunakan kurva 1 fig 477 Brown 1950 diperoleh Np = 4

8. Menghitung Power

Pa = 40719073815,16 gr.cm^2/s^3 = 4,0719 kWH

Jika Effisiensi Pengaduk 80%

Maka :$Power = \frac{Pa}{Eff}$

$= \frac{4{,}0719\ kWH}{80\%}$

$= 5{,}0899\ Hp$

Digunakan Hp standar = 5 HP (standar NEMA, Rase & borrow, 1957, p.358)

D. Menghitung Neraca Panas Reaktor

$\Delta H_R^o = \left(\Sigma n_i .. \Delta H_f^0\right)_{Produk} - \left(\Sigma n_i .. \Delta H_f^0\right)_{Reaktan}$

Komponen	ΔHf(kj/mol)
TG	-1833,7500
R-COOCH3	-633,7640
CH^3OH	-201,1667
Gliserol	-582,9232

$\Delta H_R^o = -923892613{,}2208\ kJ/jam$

Panas umpan masuk reaktor

Arus 3

komponen	Massa kg/jam	Kmol	Cp (Kj/kmol)	ΔH (kJ/jam)
H_2O	36,3809	2,0194	2633,8942	5319,0067
CH_3OH	1424,3134	44,4542	2947,8609	131044,8732
NaOH	28,5670	35	0,97	4060,5711
			Total	140424,4510

ΔH_1 = 140424,4510kJ/jam

Arus 4

komponen	Massa kg/jam	Kmol	Cp (Kj/kmol)	ΔH (kJ/jam)
H_2O	18,5686	1,0307	2633,8942	2714,7842
TG	5892,4266	6,3506	6939,7658	184519,4018
FFA	278,5286	0,9391	3722,4420	14635,7276
			Total	201869,9236

ΔH_2 = 201869,9236 kJ/jam

Panas produk hasil reactor

Komponen	Massa kg/jam	kmol	Cp (Kj/kmol)	ΔH (Kj/jam)
CH_3OH	935,9774	29,2128	2947,8609	86115,2024
H_2O	54,9495	3,0502	2633,8942	8033,7909
TG	1178,4853	1,2701	6939,7658	36903,8804
Gliserol	467,9023	5,0805	9299,2714	47244,7895
NaOH	28,5670	1,0000	0,9700	82,8619
$R\text{-}COOCH_3$	4734,3750	15,2414	3799,7993	242476,2036
FFA	278,5286	0,9391	3722,4420	14635,7376
			Total	435492,4662

ΔH_3 = 435492,4662 kJ/jam

$Q = \Delta H_3 + \Delta H_R^{\circ} - (\Delta H_1 - \Delta H_2)$

Q = -923799415,1293 kJ/jam

Kebutuhan air pendingin

Suhu air pendingin masuk = 30 ^oC = 86 ^oF = 303 K

Suhu air pendingin keluar = 50 ^oC = 122 ^oF = 323 K

ΔT = 20 ^oC = 36 ^oF = 20 K

T rata-rata = 40 ^oC = 104 ^oF = 313 K

Sifat fisis air pada 313 ^oK :

Cp = 0,0180 kcal/kmol.K *(Mc.Cabe and Smith,J.C., appendix 15, p.1085,5th edition;1985)*

ρ = 5719,0000 kg/m3 *(Perry,1999)*

$$Wt = \frac{Q}{Cp.\Delta T}$$

W = 51681,3486 kmol/jam = 931091,1765 kg/jam =

258,6364 kg/detik

E. Perancangan Jaket Pendingin

Menghitung luas transfer panas

Suhu masuk reaktor (T1) = 110 ^oC = 230 ^oF

Suhu keluar reaktor (T2) = 40 ^oC = 104 ^oF

Suhu pendingin masuk (t1) = 30 ^oC = 86 ^oF

Suhu pendingin keluar (t2) = 40 ^oC = 104 ^oF

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_2 - t_1) - (T_1 - t_2)}{\ln \frac{(T_2 - t_1)}{(T_1 - t_2)}}$$

ΔT_{LMTD}= 55,5010 ^oF

Untuk sistem heavy organic-water, UD = 5-75

(Tabel 8 p 840, *Kern*, 1950)

Dipilih harga UD = 5 btu/jam.ft^2.oF

$$A = \frac{Q}{U_D.\Delta T_{LMTD}}$$

A = 265,6122 ft^2 = 24,6762 m^2

Menghitung ukuran jaket pendingin

Jarak antara dinding luar tangki dan dinding bagian dalam jaket (jw) diambil =

$$\pi.rj^2.H - \pi.rod^2.H = vol\ air$$

$$\pi.(rod + jw)^2.H - \pi.(\frac{1}{2}.od)^2.H = vol\ air$$

Jw = 0,5848 m

=23,0236 in

ID (diameter dalam jaket) = OD tangki + 2.jw

= 124,0473 in

Menghitung tebal dinding jaket

Pdesign = Poperasi x 120% = 17,6400 psig

Bahan jaket pendingin *Carbon steel SA-283 grade C*

f = 12.650 psi P = 17,6400 psi

C = 0,125 in E = 0,85

r = 62 in

$$t = \frac{P.ri}{f.E - 0.6P} + C$$

tmin = 0,2269 in

t shell standar = 1/4 in = 0,25 in

Menentukan tebal head dan bottom

Konstruksi head : *Carbon steel SA-283 Grade C*

Bentuk head : *Torispherical*

Tebal head dihitung dengan persamaan :

$$t_h = \frac{P.D}{2.f.E - 0{,}2.P} + C$$

Dengan :

P = 17,6400 psi

D = 124,0473 in

f = 12650 psi

E = 0.85

C = 0.125 in

Didapat th= 0,1988 in

t bottom standar = ¼ in = 0,2268 in

Volume sebuah *Torispherical dished head :*

Vh = 0,0000496 (ID^3), dengan ID dalam (in) dan Vh dalam (ft^3)

(Pers. 5.11, *Brownell and Young*, 1959)

Didapat Vh = 93,5315 ft^3 = 2,648 m^3

Volume sebuah head = Volume head tanpa sf + volumen pada sf

$$V_{head} = Vh + \frac{1}{4}\pi(ID)^2(sf)$$

Didapat Vhead = 6362,7366 m^3

Bahan untuk reaktor sama dengan bahan dinding reaktor.

Menentukan luas permukaan transfer panas jaket

Luas permukaan tangki untuk tebal head < 1 in :

$$De = OD + \frac{OD}{24} + 2.sf + \frac{2}{3}icr$$ *(*Pers. 5-12, *Brownell and Young, 1959)*

De = 30,4563 in = 2,5380 ft

A total = A shell + (2 x A tiap head)

A total = (π x D x H) + (2 x (π/4 De^2))

A total = 5828,17 in^2 = 3,76 m^2 = 40,47 ft^2

Menghitung Koefisien Perpindahan Panas antara Reaktor dan Jaket

$$\frac{hi.Di}{k} = 0{,}36\left(\frac{L^2 N\rho}{\mu}\right)^{2/3}\left(\frac{Cp.\mu}{k}\right)^{1/3}\left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0{,}14}$$ (Pers. 20.1, *Kern*, 1965)

$$dengan = \mu = \mu_w, sehingga\ \frac{\mu}{\mu_w} = 1$$

Dimana :

Di = Diameter reaktor (ID shell) = 10,3373 ft

hi = koefisien perpindahan panas, Btu/jam ft2.F

ρ = densitas campuran = 357,0255 lb/ft^3

Cp = kapasitas panas larutan, = 0.5374 Btu/lb.^oF

L = Diameter pengaduk = 2,1563 ft

N = Kecepatan rotasi pengaduk = 3879,3670 rph

k = Konduktivitas panas larutan = 1,8220 Btu/jam ft^2

μ = Viskositas larutan = 183,7151 lb/ft jam

Sehingga : hi = 257,1759 Btu/jam $ft^2.^oF$

Menghitung hi_o

$$hi_0 = hi\frac{ID}{OD}$$ (Pers. 6.5, *Kern*, 1965)

Dimana : ID = Diameter dalam reaktor = 6,2147 ft

OD = Diameter luar reaktor = 10,3373 ft

Sehingga : hio = 154,6117 Btu/jam ft^2.F

Menghitung ho

Diketahui : ρair = 5719,000 kg/m3 = 357,0255 lb/ft^3

μair = 0,1826 cP = 0,4418 lb/ft.jam

kair = 4,7468 btu/hr.ft2.^oF

cpair = 0,00103 btu/lb.^oF

Gt = W/A = 50717,3097 lb/ft2.jam

v = Gt/ρ = 142,0551 ft/jam = 0,0120 m/s = 0,0395 ft/s

Jadi kecepatan pendingin yang digunakan masih dalam batasan.

$$\text{Ret} = \frac{\text{ID.Gt}}{\mu}$$

Re = 713503,7289

Dengan nilai Re tersebut, dari fig. 24 (*Kern, 1950*) diperoleh jH = 90

$$h_o = j_H \frac{k}{De}\left(\frac{C_p\mu}{k}\right)^{\frac{1}{3}}\left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14}$$

ho = 7,7079 btu/ft^2.jam.^oF

Menghitung Clean Overall Coefficient (Uc) dan Design Overall Coefficient (UD)

$$Uc = \frac{hi_0 h_0}{hi_0 + h_0}$$ (Pers. 6.38, *Kern*, 1965)

= 7,3419 Btu/ ft^2.jam.^{o}F

Dari tabel 12, hal. 845 (*Kern, 1950*) : Fouling factor (Rd) = 0,002

$$Rd = \frac{1}{U_D} - \frac{1}{U_C}$$ (Pers. 6.12, *Kern*, 1965)

$$h_d = \frac{1}{Rd}$$

hd = 500

$$U_D = \frac{U_C . h_d}{U_C + h_d}$$

Didapat harga UD = 7,2357 Btu/ ft^2.jam.^{o}F

Menghitung tebal Isolator

Dari fig. 11.42 Perry, 1984 untuk range suhu 0 °F- 300 °F digunakan isolasi *polyisocyanurate*

Pertimbangan lain digunakannya isolasi *polyisocyanurate*.

1. Bahan ini dapat digunakan untuk range suhu 0° - 900° F.

2. Thermal conductivity relatif tetap pada suhu 0° - 900° F.

3. Mudah didapat

Diinginkan suhu dinding isolasi = 50°C = 122°F

Data-data fisis :

k isolasi = 0.0125 Btu/ft^2.jam.^{o}F

	Ts	= 50 ^oC	= 122 ^oF
	Tudara	= 30 ^oC	= 86 ^oF
	Tf	= (Ts+Tud)/2	= 104 ^oF
	δf	= Ts - Tf	= 18 °F
	β	= 1 / Tf	= 0,00177/°F

dengan : Tf = suhu film, °F

β = koefisien muai volume, /°F

Sifat-sifat udara pada Tf = 104 ^oF (tabel 3.212, *Perry*, 1984)

ρf	= 1,1182 kg/m3	= 0,0698 lb/ft3
cpf	= 1,0593 kJ/kg°C	= 0,2532 Btu/lb°F
μf	= 0,00002 Pa.s	= 0,0462 lb/ft.j
kf	= 0,0273 kJ/kg°C	= 0,0157 Btu/j.lb°F

$$Gr = \frac{\ell^3.\rho_f{}^2.\beta.g_c.\Delta\Delta}{\mu_f{}^2} \qquad Pr = \frac{Cpf.\mu_f}{kf}$$

dengan : Gr = bilangan Grashoff

Pr = bilangan Prandtl

Ra = bilangan Rayleigh(Holmann, 1986)

Raf = Gr * Pr

Bila Raf : 10E+4 – 10E+9, maka hc = 0,29 (Δt/2)0,25

Raf : 10E+9 – 10E+12, maka hc = 0,19 (Δt)1/3

Dimana hc adalah koefisien perpindahan panas konveksi

Asumsi: ℓ = L = tinggi silinder + tinggi bottom + tinggi head

= Zr + 2 (b + sf) = 79,0083 in

= 2,0068 m = 6,5823 ft

Maka, Gr = 8671455557,40

Cek harga ℓ

$$\frac{35}{Gr^{1/4}} = 0{,}1147$$

$$\frac{ID}{L} = 0{,}9441$$

$$\frac{ID}{L} > \frac{35}{Gr^{1/4}}$$

maka asumsi ℓ = L dapat digunakan (Holman,1986)

Sehingga:

Pr = 0,74

Raf = 6433020861,90> 1.000.000.000

Diperoleh :

hc = 0,19 $(\Delta t)^{1/3}$

hc = 0,5 Btu/ft^2.j.°F

Perpindahan panas karena radiasi dapat diabaikan karena suhu dinding reaktor kecil (50 ^oC)

ID = 6,2147 in = 0,5179 ft

OD = 10,3373 in = 0,8614 ft

T1 = 60°C = 140 °F

T2 = 50°C = 122 °F

Perpindahan panas konveksi :

q konveksi = hc*π*(OD+2*X isolasi)*L*Δt

= hc*π*OD*L*Δt = 159,66

= hc*π*2*L*Δt = 370,69

q konveksi = 159,66 + 370,69 X isolasi ……(1)

Perpindahan panas konduksi melalui dinding reaktor dan isolasi :

$$q_k = \frac{2\pi(T_1 - ts)}{\frac{1}{kL}\ln\left(\frac{OD}{ID}\right) + \frac{1}{k_B L}\ln\left(\frac{OD + 2Xis}{OD}\right)} \qquad \ldots\ldots(2)$$

Dinding jaket berupa Stainless Steel, dari table 3 Kern, diperoleh k = 26 Btu/j.ft.F. Perpindahan panas konduksi sama dengan perpindahan panaskonveksi, sehingga dapat dituliskan persamaan (1) sama denganpersamaan (2).Dari kedua persamaan tersebut didapatkan nilai X isolasi, qkonveksi, dan q konduksi. Dengan trial 'n error didapatkan hasil sebagai berikut:

X isolasi = 0,0209 ft = 0,64 cm

q konduksi = 195,0047 Btu/jam

q konveksi = 167,4222 Btu/jam

Tebal isolasi agar dinding isolasi 50°C = 0,64 cm

Panas yang hilang setelah diisolasi = 167,42 Btu/jam

Menghitung Persentase panas yang hilang sesudah dan sebelum diisolasi

Panas yang hilang sesudah dan sebelum di Isolasi

Ts = 110 ^oC = 230 ^oF

Tudara = 30 ^oC = 86 ^oF

Tf = (Ts+Tud)/2 = 158 ^{o}F

δf = Ts - Tf = 72 °F

β = 1 / Tf = 6,33E-03/°F

dengan : Tf = suhu film, °F

β = koefisien muai volume, /°F

Sifat-sifat udara pada Tf = 363 K (tabel 3.212, *Perry*, 1984)

ρf = 1,0124 kg/m3 = 0,0632 lb/ft3

cpf = 1,0083 kJ/kg°C = 0,2409 Btu/lb°F

μf = 2E-05 Pa.s = 0,0495 lb/ft.j

kf = 0,0296 kJ/kg°C = 0,0171 Btu/j.lb°F

$$Gr = \frac{\ell^3.\rho_f{}^2.\beta.g_c.\Delta\Delta}{\mu_f{}^2} \qquad Pr = \frac{Cpf.\mu_f}{kf}$$

dengan : Gr = bilangan Grashoff

Pr = bilangan Prandtl

Ra = bilangan Rayleigh(Holmann, 1986)

Raf = Gr * Pr

Bila Raf : 10E+4 – 10E+9, maka hc = 0,29 (Δt/2)0,25

Raf : 10E+9 – 10E+12, maka hc = 0,19 (Δt)1/3

Dimana hc adalah koefisien perpindahan panas konveksi

Asumsi: ℓ = L = tinggi silinder + tinggi bottom + tinggi head

= Zr + 2 (b + sf) = 79,01 in

= 2,01 m

= 6,59 ft

Maka, Gr = 8671455557,40

Sehingga diperoleh :

Pr = 0,70

Raf = 6433020861,90> 1.000.000.000

Diperoleh :

hc = 0,19 $(\Delta t)^{1/3}$

hc = 0,79 Btu/ft^2.j.°F

Perpindahan panas karena radiasi dapat diabaikan karena suhu dinding reaktor kecil (50 ^oC)

Perpindahan panas konveksi :

q konveksi = hc*π*(OD+2*X isolasi)*L*Δt

= hc*π*OD*L*Δt = 609,18 Btu/jam

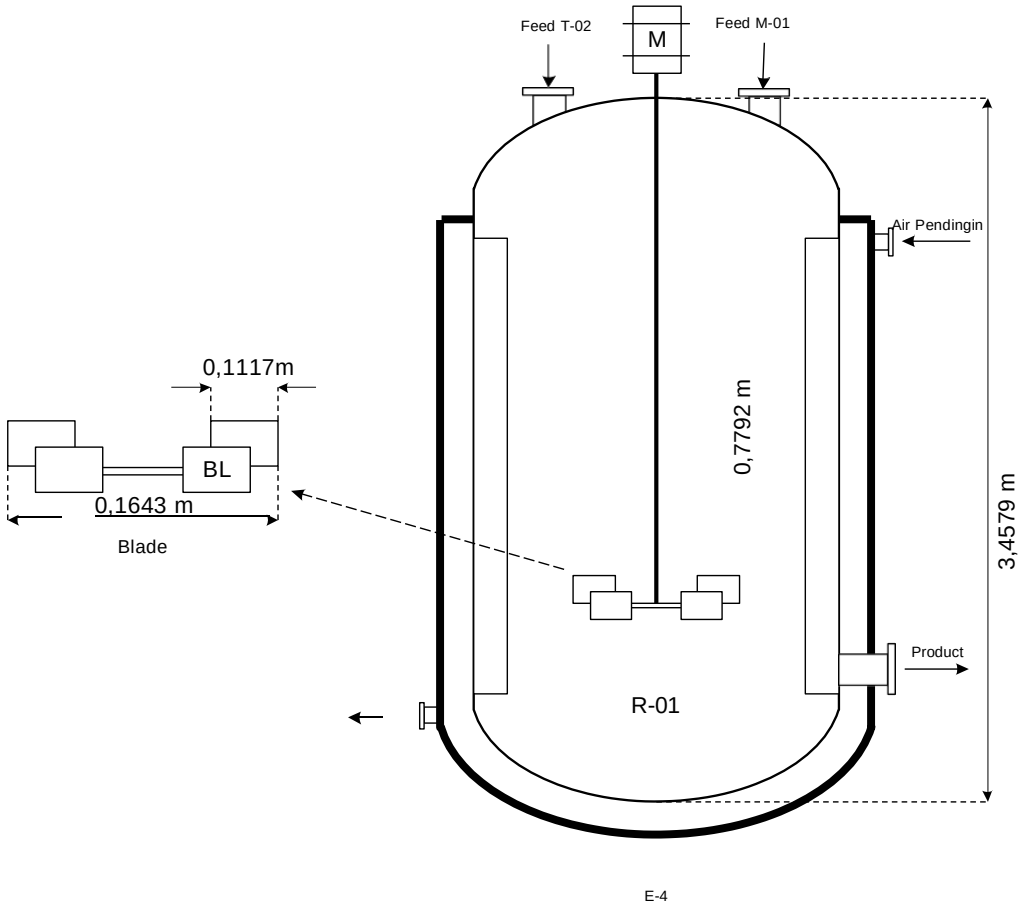
Sehingga didapatkan panas yang hilang sebelum dinding reaktor diisolasi sebesar 609,18 Btu/jam

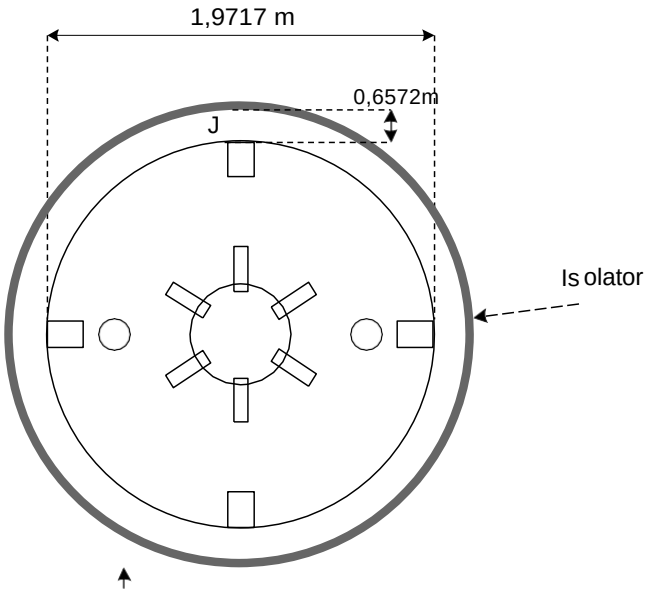
Jadi, persentase panas yang hilang setelah diisolasi adalah

$$= \frac{167,42}{609,18} X\ 100\% = 27,483\ \%$$

LAMPIRAN B

GAMBAR REAKTOR



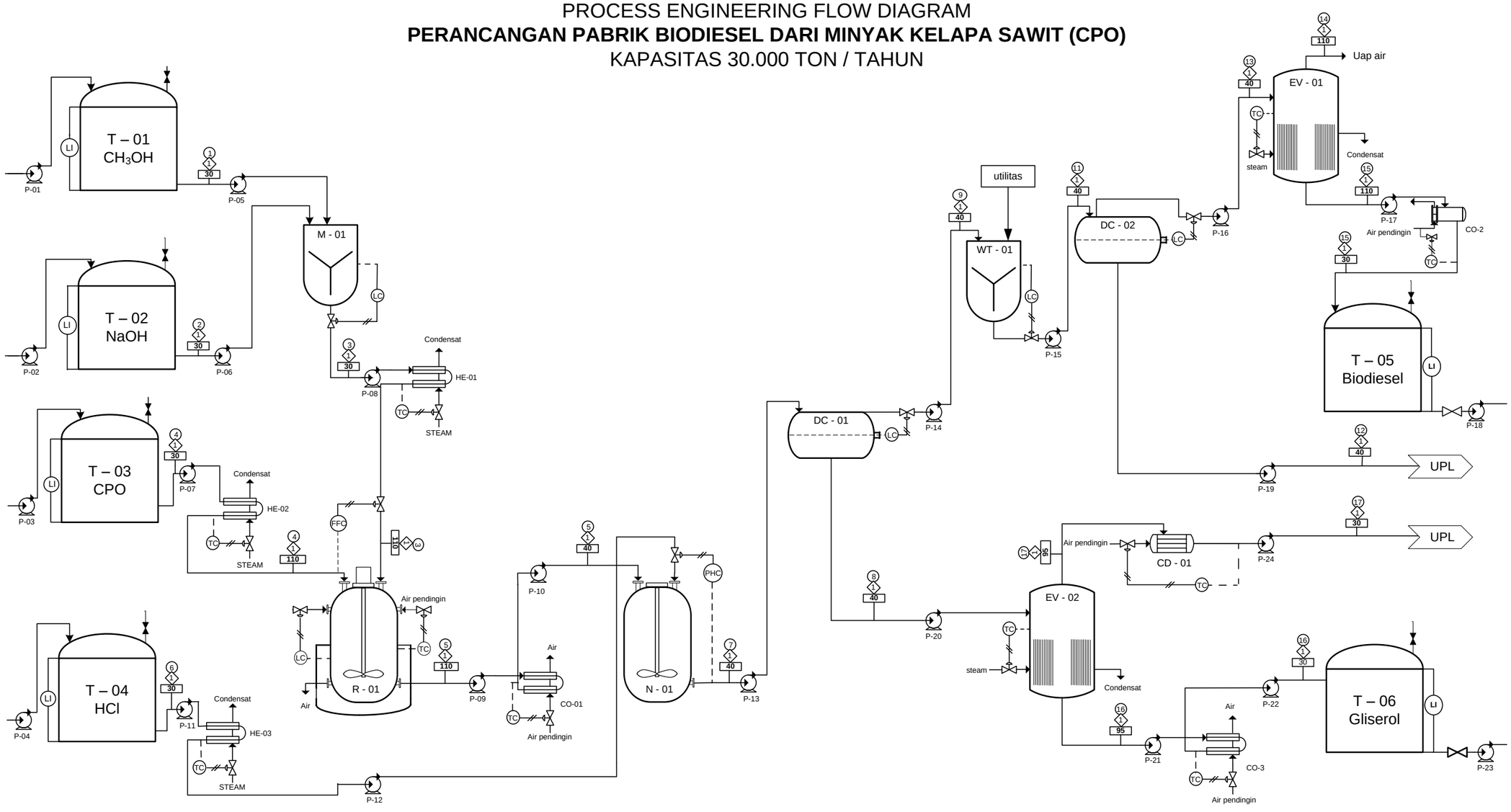


Keterangan
BL = Blade
J = Jaket
R = Reaktor
M = Motor pengaduk
P = Pengaduk

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM

PERANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK KELAPA SAWIT (CPO)

KAPASITAS 30.000 TON / TAHUN



Komponen	Nomor Arus (kg/jam)																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
CH_3OH	1424,3134	-	1424,3134	-	935,9774	-	935,9774	642,1995	293,7779	-	293,7779	293,7779	-	-	-	-	642,1995
H2O	2,8543	33,5266	36,3809	18,5686	54,9495	46,2957	114,1122	78,2955	35,8167	453,7412	1557,5075	1519,2499	38,2576	37,8788	0,3788	77,0085	1,2870
NaOH	-	28,5670	28,5670	-	28,5670	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trigliserida	-	-	-	5892,4266	1178,4853	-	1178,4853	808,5908	369,8945	-	369,8945	369,8945	-	-	-	808,5908	-
FFA	-	-	-	278,5286	278,5286	-	278,5286	191,1060	87,4226	-	87,4226	87,4226	-	-	-	191,1060	-
Metil Ester	-	-	-	-	4734,3750	-	4734,3750	946,8750	3787,5000	-	3787,5000	-	3787,5000	-	3787,5000	946,8750	-
HCl	-	-	-	-	-	26,0413	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NaCl	-	-	-	-	-	-	41,7414	28,6399	13,1015	-	13,1015	13,1015	-	-	-	28,6399	-
Gliserol	-	-	-	-	467,9023	-	467,9023	321,0405	146,8618	-	146,8618	146,8618	-	-	-	321,0405	-
TOTAL	1427,1677	62,0936	1489,2613	6189,5238	7678,7851	72,3370	7751,1222	3016,7472	4743,3750	453,7412	6256,0658	2430,3082	3825,7576	37,8788	3787,8788	2373,2607	643,4865

ALAT	KETERANGAN
M	Mixer
N	Netralizer
HE	Heat Exchanger
WT	Washing tower
EV	Evaporator
R	Reaktor
P	Pompa
CO	Cooler
T	Tangki
CD	Condenser
DC	Decanter
PHC	PH Controller
UPL	Unit Pengolahan Lanjut

SIMBOL	KETERANGAN
LC	Level Controller
LI	Level Indikator
PC	Pressure Controller
TC	Temperature Controller
	Nomor Arus
	Suhu, C
	Tekanan, atm
	Control Valve
	Electric Connection
	Piping
	Udara Tekan
	Vent
FFC	Flow fraction controller
PHC	PH controller

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK KELAPA SAWIT
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

Dikerjakan oleh:
1. RIDWAN RAMADHAN (12521016)
2. BIMAR FERRIAN DEA K (12521022)

Dosen pembimbing:
1. FAISAL RM., DRS., IR., MSIE., Ph.D
2. ARIANY ZULKANIA, ST., M.Eng