

No: TA/TK/2022

**PRA RANCANGAN PABRIK BIOGASOLIN DARI
MINYAK JELANTAH DENGAN KAPASITAS
15.000 TON/TAHUN**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

Teknik Kimia

Konsentrasi Teknik Kimia



Disusun oleh:

Nama : Dewi Rahayu

NIM : 18521166

Nama : Lisa Anggraini

NIM : 18521177

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

2022

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL
PRA PERANCANGAN PABRIK BIOGASOLIN DARI
MINYAK JELANTAH DENGAN KAPASITAS 15.000
TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dewi Rahayu

Nama : Lisa Anggraini

NIM : 18521166

NIM : 18521177

Yogyakarta, Oktober 2022

Menyatakan bahwa seluruh hasil Prarancangan 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 risiko dan konsekuensi apapun. Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

TTD


Dewi Rahayu

TTD


Lisa Anggraini

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING
PRARANCANGAN PABRIK BIOGASOLIN DARI
MINYAK JELANTAH DENGAN KAPASITAS 15.000
TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Dewi Rahayu

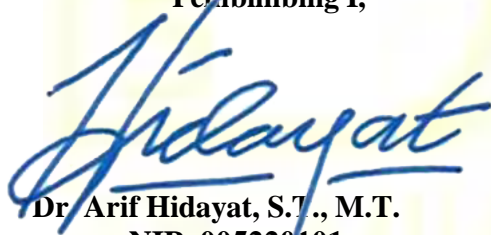
NIM : 18521166

Nama : Lisa Anggraini

NIM : 18521177

Yogyakarta, Oktober 2022

Pembimbing I,



Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T.
NIP. 005220101

Pembimbing II,



Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T.
NIP. 155211305

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRARANCANGAN PABRIK BIOGASOLIN DARI
MINYAK JELANTAH DENGAN KAPASITAS 15000
TON/TAHUN

Oleh:

Nama : Dewi Rahayu

Nama : Lisa Anggraini

NIM : 18521166

NIM : 18521177

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia

Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, Oktober 2022

Tim Penguji,

Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T.

Ketua

Lucky Wahyu NS, S.T., M.Eng.

Anggota I

Umi Rofiqah, S.T., M.T.

Anggota II

t. 13/10/22
.....
.....
.....

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Dr. Ila Kusnasari, S.T., M.Eng.

NIP. 155210506

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Alhamdulillah, segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat, taufik dan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir Prarancangan Pabrik Kimia dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas Akhir Prarancangan Pabrik Kimia dengan judul “Prarancangan Pabrik Biogasolin dari Minyak Jelantah dengan Kapasitas 15.000 Ton/Tahun” ini disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah didapatkan selama menempuh pendidikan di bangku kuliah, dan merupakan sebagian persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia dari Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Penyusunan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan tidak lepas dari dukungan, bimbingan dan bantuan dari banyak pihak yang sangat berarti bagi penulis. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya.
2. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan motivasi dan dukungan baik moril maupun materil selama menempuh pendidikan di Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam ndonesia.

4. Ibu Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia yang telah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan akademik.
5. Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang selalu memberikan waktu, arahan dan bimbingannya selama penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Ibu Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing II yang selalu memberikan waktu, arahan dan bimbingannya selama penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.
7. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
8. Seluruh rekan-rekan Mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia angkatan 2018 yang selalu memberikan dukungan serta saling membagikan ilmunya.
9. Seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Untuk itu, kami sangat mengharapkan kritik dan saran demi sempurnanya Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Yogyakarta, Oktober 2022

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	ii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN	xiv
ABSTRAK	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Penentuan Kapasitas Pabrik	3
1.3. Tinjauan Pustaka	4
1.4. Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	14
BAB II PERANCANGAN PRODUK	23
2.1 Spesifikasi Produk	23
2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung	24
2.3 Pengendalian Kualitas	25
BAB III PERANCANGAN PROSES	29
3.1 Diagram Alir Proses dan Material	29
3.2 Uraian Proses	29
3.3 Spesifikasi Alat	35
3.4 Neraca Massa	56
3.5 Neraca Panas	60

BAB IV PERANCANGAN PABRIK	62
4.1. Lokasi Pabrik	62
4.2. Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>)	69
4.3. Tata Letak Mesin/Alat Proses (<i>Machines Layout</i>)	73
4.4. Organisasi Perusahaan	76
BAB V UTILITAS	109
5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (<i>Water Supply Section</i>)	109
5.2 Unit Pembangkit <i>Steam</i>	120
5.3 Unit penyedia <i>Dowtherm</i>	121
5.4 Unit Pembangkit Listrik.....	121
5.5 Unit Penyediaan Udara Tekan	121
5.6 Unit Penyediaan Bahan Bakar	122
BAB VI EVALUASI EKONOMI	124
6.1. Evaluasi Ekonomi	124
6.2. Penaksiran Harga Alat	125
6.3. Dasar Perhitungan.....	127
6.4. Perhitungan Biaya.....	127
6.5. Analisa Kelayakan	129
6.6. Hasil Perhitungan.....	134
6.7. Hasil Analisa Keuntungan.....	139
6.8. Hasil Kelayakan Ekonomi.....	139
6.9. Analisa Resiko Pabrik.....	141
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	146
7.1. Kesimpulan	146
7.2. Saran	147
DAFTAR PUSTAKA	149
LAMPIRAN	153

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Sifat Fisik Minyak Jelantah (Sumbogo Murti S.D. dan Elfi N, 2017)...	5
Tabel 1. 2 Komposisi Asam Lemak Minyak Jelantah dari Minyak Kelapa Sawit (Taufiqurrahmi,dkk. 2011).....	6
Tabel 1. 3 Perbandingan Jenis Katalis berdasarkan Konversi Produk.....	9
Tabel 1. 4 Kelebihan dan Kekurangan dari 3 Jenis Metode Craking.....	13
Tabel 1. 5 Data H_f 298.15° dan G_f 298.15°	16
Tabel 2. 1 Komposisi Unsur Katalis 1%Ni/SZ	25
Tabel 3. 1 Spesifikasi Furnace	35
Tabel 3. 2 Spesifikasi Reaktor	36
Tabel 3. 3 Spesifikasi Separator	37
Tabel 3. 4 Spesifikasi Absorber	38
Tabel 3. 5 Spesifikasi Stripper	39
Tabel 3. 6 Spesifikasi Menara Distilasi.....	40
Tabel 3. 7 Spesifikasi Condensor Parsial.....	41
Tabel 3. 8 Spesifikasi Condensor Total	42
Tabel 3. 9 Spesifikasi Waste Heat Boiler.....	42
Tabel 3. 10 Spesifikasi Reboiler	43
Tabel 3. 11 Spesifikasi Akumulator.....	44
Tabel 3. 12 Spesifikasi Kompresor	45
Tabel 3. 13 Spesifikasi Heater-01	45
Tabel 3. 14 Spesifikasi Heater-02	46
Tabel 3. 15 Spesifikasi Cooler-01	47

Tabel 3. 16 Spesifikasi Cooler-02.....	47
Tabel 3. 17 Spesifikasi Cooler-03.....	48
Tabel 3. 18 Spesifikasi Cooler-04.....	49
Tabel 3. 19 Spesifikasi Cooler-05.....	50
Tabel 3. 20 Spesifikasi Cooler-06.....	50
Tabel 3. 21 Spesifikasi Blower.....	51
Tabel 3. 22 Spesifikasi Pompa.....	52
Tabel 3. 23 Spesifikasi Tangki.....	54
Tabel 3. 24 Neraca Massa Total.....	56
Tabel 3. 25 Neraca Massa Furnace (F-01).....	56
Tabel 3. 26 Neraca Massa Reaktor (R-01).....	56
Tabel 3. 27 Neraca Massa Separator (SP-01).....	57
Tabel 3. 28 Neraca Massa Absorber (AB-01).....	57
Tabel 3. 29 Neraca Massa Stripper (ST-01).....	58
Tabel 3. 30 Neraca Massa Menara Distilasi (MD-01).....	58
Tabel 3. 31 Neraca Panas Reaktor.....	60
Tabel 3. 32 Neraca Panas Furnace.....	60
Tabel 3. 33 Neraca Panas Absorber.....	60
Tabel 3. 34 Neraca Panas Stripper.....	61
Tabel 3. 35 Neraca Panas Menara Distilasi.....	61
Tabel 4. 1 Rincian Luas Tanah Bangunan Pabrik.....	71
Tabel 4. 2 Rincian Penggolongan Jabatan.....	91
Tabel 4. 3 Rincian Jumlah Karyawan.....	92

Tabel 4. 4 Gaji Karyawan Berdasarkan Jabatan	95
Tabel 4. 5 Jadwal Shift Karyawan	101
Tabel 5. 1 Kebutuhan air pendingin	119
Tabel 5. 2 Kebutuhan air steam.....	120
Tabel 6. 1 Physical Plant Cost.....	134
Tabel 6. 2 Direct Plant Cost	134
Tabel 6. 3 Fixed Capital Investment	135
Tabel 6. 4 Direct Manufacturing Cost	135
Tabel 6. 5 Indirect Manufacturing Cost	135
Tabel 6. 6 Fixed Manufacturing Cost	136
Tabel 6. 7 Manufacturing Cost.....	136
Tabel 6. 8 Working Capital.....	137
Tabel 6. 9 General Expenses	137
Tabel 6. 10 Total Production Cost	137
Tabel 6. 11 Fixed Cost	138
Tabel 6. 12 Variable Cost	138
Tabel 6. 13 Regulated Cost.....	138

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif	29
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif	59
Gambar 4. 1 Lokasi Pendirian Pabrik Biogasolin.....	63
Gambar 4. 2 Layout Pabrik.....	72
Gambar 4. 3 Layout Alat Proses	76
Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan	89
Gambar 5. 1 Diagram Alir Proses Pengolahan Air	123
Gambar 6. 1 Grafik Hubungan antara Tahun dan Index Harga	126
Gambar 6. 2 Grafik Break Even Point	141



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A Perancangan Reaktor
- Lampiran B Process Engineering Flow Diagram (PEFD)
- Lampiran C Kartu Konsultasi Bimbingan Prarancangan Pabrik



DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN

K	= konstanta kecepatan reaksi (s^{-1})
K_0	= faktor frekuensi
E	= energi aktivasi (kJ/mol)
R	= Tetapan gas umum ($8,314472 \times 10^{-3} \frac{\text{kJ}}{\text{mol K}}$)
T	= temperatur operasi
y	= indeks harga
x	= tahun pembelian
E_x	= Harga pembelian pada tahun ke 2027
E_y	= Harga pembelian pada tahun referensi
N_x	= Indeks harga pada tahun ke 2027
N_y	= Indeks harga pada tahun referensi
Fa	= <i>Annual Fixed Manufacturing Cost</i> pada produksimaksimum
Ra	= <i>Annual Regulated Expenses</i> pada produksi maksimum
Va	= <i>Annual Variable Value</i> pada produksi maksimum
Sa	= <i>Annual Sales Value</i> pada produksi maksimum
FC	= <i>Fixed capital</i>
WC	= <i>Working capital</i>
SV	= <i>Salvage value</i>
C	= <i>Cash flow (profit after taxes + depresiasi + finance)</i>
N	= Umur pabrik = 10 tahun
I	= Nilai DCFR
Ud	= Koefisien transfer panas [$\text{kJ} / \text{m}^2 \text{ s K}$]
a"	= Luas permukaan luar tabung [m^2 / m]
Tg	= Suhu reaktor [K]
Tp	= Suhu pendingin [K]
Qg	= Panas yang dibawa oleh bahan [kJ/s]
cpg	=Kapasitas panas masing masing komponen pada fase gas [kJ/kmol.K]

T_g = suhu gas [K]
 T_{reff} = Suhu referensi [K]
 M_{wi} = Massa molekul masing masing komponen
 Y_i = Fraksi mol masing masing komponen
 M_i = viskositas masing masing komponen [kg/m s]
 A_p = Luas aliran dalam pipa [m]
 f_{masst} = kecepatan massa total [kg/s]
 n_{pipa} = Jumlah pipa
 D_p = Diameter katalis [m]
 G_p = Flux massa [kg/m²s]
 Rep = Bilangan Reynold
 P_t = Tekanan [Pa]
 ϵ = Porositas katalis
 ρ = Rapat massa gas [kg/m³]

ABSTRAK

Biogasolin merupakan bahan bakar alternatif pengganti BBM jenis gasolin yang digunakan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor, pembuatan Biogasolin dari Minyak Jelantah dilakukan dengan proses *catalytic hydrocracking*. Pabrik Biogasolin dari Minyak Jelantah ini direncanakan akan berjalan pada kapasitas 15000 Ton/Tahun sepanjang 330 hari per tahun. Pabrik ini diharapkan akan menghasilkan Biogasolin yang akan memenuhi kebutuhan gasolin di daerah Gresik, Jawa Timur. Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan biogasolin ini adalah minyak jelantah dan gas Hidrogen, pabrik ini direncanakan akan dibangun di Gresik, Jawa Timur untuk memberikan kemudahan terhadap transportasi bahan baku dan produk akhir karena pasar untuk produk sudah tersedia secara lokal. Proses *catalytic hydrocracking* akan dilakukan pada suhu operasi 450°C dan tekanan 1,1 atm menggunakan Reaktor *Fixed Bed Multitube* dengan tingkat konversi reaksi 70%. Pabrik ini membutuhkan bahan baku Minyak Jelantah sebesar 8229.70 kg/jam dan gas Hidrogen sebesar 204.81 kg/jam. Dari studi evaluasi ekonomi pabrik ini, disimpulkan bahwa diperlukan modal investasi Rp 817,214,498,298 biaya produksi Rp 1,967,393,005,128 dan laba setelah pajak diperkirakan Rp 269,703,449,522. Berdasarkan analisis ekonomi, kondisi operasi sifat-sifat bahan baku dan produk, dapat disimpulkan bahwa pabrik Biogasolin dari Minyak Jelantah dengan kapasitas 15000 Ton/Tahun adalah pabrik beresiko tinggi dan masih layak secara ekonomis. Berdasarkan analisa kelayakan ekonomi terhadap pabrik ini menunjukkan *Percent Return On Investment (ROI)* sebelum pajak 41,25% dan sesudah pajak 33,00%. *Pay Out Time (POT)* sebelum pajak 1,9 tahun dan sesudah pajak 2,3 tahun. *Break Event Point (BEP)* sebesar 40,34%, dan *Shut Down Point (SDP)* 22,99%. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)* terhitung 35,21%. Dari data analisa kelayakan diatas disimpulkan bahwa pabrik ini menguntungkan dan layak untuk dikaji lebih lanjut.

Kata kunci : *biogasolin, minyak jelantah, catalytic hydrocracking, nikel.*

ABSTRACT

Biogasoline is an alternative fuel for gasoline which is used as a motor vehicle fuel, making biogasoline from waste cooking oil is done through a catalytic hydrocracking process. The biogasoline plant from waste cooking oil is planned to run at a capacity of 15000 tons for 330 days per year. The plant is expected to produce biogasoline to meet the needs of the local market in Gresik, East Java. The raw materials used in the manufacture of biogasoline are waste cooking oil and hydrogen gas, this factory is planned to be built in Gresik, East Java, to provide convenience for the transportation of raw materials and final products because the market for the product is already available locally. The catalytic hydrocracking process will be carried out at an operation temperature of 450°C and at a pressure of 1,1 atm using a Fixed Bed Multitube Reactor with a reaction conversion rate of 70%. This factory requires waste cooking oil raw materials of 8229.70 kg/hour, and hydrogen gas of 204.81 kg/hour. From this factory economic evaluation study, it was concluded that an investment capital of Rp 817,214,498,298 production costs Rp 1,967,393,005,128 and profit after tax is estimated at Rp 269,703,449,522. Based on the economic analysis, the operating conditions of the raw material and product properties, it can be concluded that an biogasoline form waste cooking oil factory with capacity of 1500 tons/year is a high risk and still economically feasible. Based on the economic feasibility analysis of this factory shows the Percent Return On Investment (ROI) before tax is 41,25 % and after tax is 33,00 %. Pay Out Time (POT) before tax 1,9 years and after tax 2,3 years. Break Event Point (BEP) is 40,34 %, and Shut Down Point (SDP) is 22,99 %. Discounted Cash Flow Rate (DCFR) is calculated at 35,21%. From the feasibility analysis data above, it is concluded that this factory is profitable and deserves to be studied further.

Keywords : biogasoline, waste cooking oil, catalytic hydrocracking, nikel..

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Meningkatnya populasi penduduk serta bertambahnya populasi kendaraan bermotor menyebabkan kebutuhan akan bahan bakar fosil di Indonesia semakin meningkat dari tahun ketahun. Peningkatan kebutuhan bahan bakar fosil ini berbanding terbalik dengan ketersediaan cadangan minyak bumi yang semakin lama semakin berkurang jumlahnya, jika hal ini terus dibiarkan maka akan menyebabkan adanya potensi krisis energi dimasa yang akan datang sehingga pencarian energi alternatif yang dapat menggantikan fungsi bahan bakar fosil masih terus dikembangkan hingga saat ini. Salah satu upaya pemerintah dalam mengatasi masalah tersebut yaitu dengan mengeluarkan kebijakan melalui Instruksi Presiden No. I/2006, Peraturan Presiden No. 5 tahun 2006. Dalam Inpres dan Pepres tersebut mengamanatkan pengembangan dan penggunaan bahan bakar alternatif lain yang dapat diperbaharui dan mengacu pada Rencana Umum Kebijakan Energi, untuk program jangka panjang sampai tahun 2020 dimana para pelaku energi berkewajiban untuk memanfaatkan energi terbarukan (*non-fossil fuel obligation*) serta penerapan kewajiban penghematan energi dan menggunakan teknologi efisien dan ramah lingkungan. (Kebijakan Pengembangan Energi Terbarukan dan Konservasi Energi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, 2003)

Energi alternatif yang sedang dikembangkan untuk mencegah terjadinya krisis energi di Indonesia ialah biogasolin. Biogasolin merupakan produk alternatif dari bahan bakar jenis gasoline (bensin) yang biasa digunakan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor seperti sepeda motor, mobil, dan lain sebagainya. Biogasolin dapat dibuat dari berbagai minyak nabati termasuk minyak goreng bekas pemakaian (minyak jelantah), penelitian yang dilakukan (Karna Wijaya,dkk. 2022) menunjukkan bahwa minyak jelantah (*waste cooking oil*) dapat disintesis menjadi biogasolin dan beberapa produk sampingnya dengan proses *hydrocracking* yang menghasilkan konversi produk biogasolin hingga 70% menggunakan bantuan katalis 1% Ni/SZ. Pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku utama pembuatan biogasolin dapat meningkatkan nilai jual limbah minyak goreng bekas serta dapat mengurangi ongkos produksi pembuatan biogasolin. Jenis minyak goreng yang umumnya digunakan masyarakat Indonesia adalah minyak goreng dari kelapa sawit, penggunaan minyak goreng kelapa sawit di Indonesia terbilang cukup besar, menurut siaran PERS GAPKI (Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia) pada tahun 2021 tercatat jumlah konsumsi minyak goreng sawit mencapai 18.422 juta ton/tahun. Besarnya jumlah penggunaan minyak goreng di Indonesia menghasilkan jumlah limbah berupa minyak jelantah yang besar pula, dengan persediaan bahan baku yang melimpah dan dapat berkelanjutan (*suistanable*) pendirian pabrik biogasolin dari minyak jelantah di Indonesia memiliki potensi yang cukup besar untuk dibangun.

Biogasolin merupakan produk alternatif yang ramah lingkungan serta dapat diperbaharui (*renewable*), produksi biogasolin dari minyak jelantah diharapkan dapat menurunkan emisi gas karbon yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil, selain itu produksi biogasolin diharapkan dapat memenuhi kebutuhan gasoline di daerah sekitar pendirian pabrik.

1.2. Penentuan Kapasitas Pabrik

Dalam penentuan kapasitas pabrik biogasolin dari bahan baku minyak jelantah terdapat beberapa hal yang harus dipertimbangkan, diantaranya ialah

1.2.1. Ketersediaan Bahan Baku

Pabrik biogasolin dari minyak jelantah akan dibangun di Kawasan industri JIPE Gresik, Jawa Timur yakni wilayah yang berdekatan dengan perusahaan pengumpul minyak jelantah di wilayah Jawa Timur. Penggunaan minyak goreng di wilayah Jawa Timur perbulan mencapai angka 59.000 ton perbulan atau sebesar 708.000 ton pertahun (Surya.co.id, 2022). Ketersediaan minyak jelantah di Jawa Timur diperoleh dengan mengasumsikan 50% dari penggunaan minyak goreng di Jawa Timur, sehingga diperoleh jumlah ketersediaan bahan baku sebesar 354.000 ton/tahun.

1.2.2. Kebutuhan Gasoline

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan (Karna Wijaya,dkk., 2022), konversi biogasolin dari peretakan minyak jelantah menghasilkan konversi sebesar 70%. Sehingga produk

biogasolin yang dihasilkan dari 354.000 ton minyak jelantah pertahun ialah sebesar 247.800 ton/tahun atau sebesar 330.000 kL per tahun, demi menjaga kestabilan serta keberlanjutan dari ketersediaan *feedstock* (bahan baku) minyak jelantah maka kapasitas pabrik yang diambil harus berada dibawah kapasitas maksimum, dengan mengasumsikan belum ada pabrik Biogasolin yang berdiri di Indonesia maka dalam pra perancangan pabrik Biogasolin dari minyak jelantah ini diambil kapasitas sebesar 15.000 ton/tahun sebagai kapasitas pendahulu dalam pendirian pabrik Biogasolin di Indonesia.

Berdasarkan Surat Keputusan yang dikeluarkan PT Pertamina (Persero) kuota volume pendistribusian gasoline di Daerah Gresik, Jawa Timur pada tahun 2020 ialah sebesar 48.866 kL pertahun, dengan demikian produksi biogasolin sebesar 15.000 ton/tahun akan memenuhi kuota volume pendistribusian gasoline di Daerah Gresik, Jawa Timur kurang lebih sebesar 30.70% setiap tahunnya.

1.3. Tinjauan Pustaka

1.3.1. Minyak Jelantah

Minyak Jelantah (*waste cooking oil*) adalah minyak bekas penggorengan yang telah digunakan dua kali atau lebih. Minyak jelantah berasal dari berbagai jenis minyak nabati seperti minyak sayur, minyak samin, minyak kelapa, dan lain lain. Umumnya minyak jelantah berasal dari minyak goreng kelapa sawit yang

menjadi limbah pemakaian rumah tangga karena sudah tidak dapat dimanfaatkan untuk proses memasak sebab mengandung asam lemak bebas yang tinggi dan berbagai senyawa karsinogenik, minyak jelantah biasanya berwarna coklat kehitaman, berbau tengik, dan lebih kental dari minyak goreng yang belum digunakan. Sifat fisik minyak jelantah dapat dilihat pada tabel 1.1

Tabel 1. 1 Sifat Fisik Minyak Jelantah (Sumbogo Murti S.D. dan Elfi N, 2017)

Parameter	Minyak Jelantah
Densitas (g/ml)	0.89
Viskositas (cP)	66.5
Titik Didih (C)	428

Minyak jelantah yang dibuang begitu saja ke lingkungan akan mengakibatkan pencemaran sehingga perlu diolah lebih lanjut agar tidak merusak lingkungan. Minyak jelantah memiliki potensi cukup besar untuk dijadikan sebagai bahan baku pembuatan bahan bakar seperti biogasolin karena memiliki kandungan asam lemak yang tinggi. Kandungan asam lemak dalam minyak jelantah dari minyak kelapa sawit ditunjukkan pada Tabel 1.2

Tabel 1. 2 Komposisi Asam Lemak Minyak Jelantah dari Minyak Kelapa Sawit (Taufiqurrahmi,dkk. 2011)

Senyawa	Rumus Kimia	Kadar (wt%)
Asam Laurat	$C_{12}H_{24}O_2$	1,10
Asam Miristat	$C_{14}H_{28}O_2$	3,21
Asam Palmitat	$C_{16}H_{32}O_2$	21,47
Asam Linoleat	$C_{18}H_{30}O_2$	13,58
Asam Linoleneat	$C_{18}H_{32}O_2$	1,59
Asam Oleat	$C_{18}H_{34}O_2$	28,64
Asam Stearat	$C_{18}H_{36}O_2$	13,00
Lain-lain		9,34

Maka minyak jelantah merupakan salah satu bahan baku alternatif yang sangat potensial untuk membuat bahan bakar pengganti gasoline karena ketersediaannya yang sangat melimpah, selain itu pembuatan bahan bakar yang dihasilkan dari minyak jelantah telah diteliti lebih ramah lingkungan. Pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku pembuatan bahan bakar biogasolin memiliki beberapa kelebihan, antara lain :

- Meminimalkan biaya produksi karena bahan baku berasal dari limbah rumah tangga atau industri yang jumlahnya melimpah.
- Mengurangi resiko pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh pembuangan limbah minyak jelantah yang tidak dimanfaatkan.

- Menghasilkan bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar fossil serta ramah lingkungan.

1.3.2. Biogasolin

Saat ini penggunaan *biofuel* terus dikembangkan demi menjaga ketersediaan bahan bakar di Indonesia, *biofuel* merupakan semua jenis bahan bakar padat, cair dan gas yang berasal dari biomassa, *biofuel* dibuat dari bahan baku yang dapat diperbaharui (*renewable*) sehingga ketersediannya dapat terus berkelanjutan (*sustainable*), contoh *biofuel* yang saat ini banyak dikembangkan diantaranya ialah biogasolin, biogas, biokerosin, bioavtur, biodiesel, dan lain lain.

Biogasolin merupakan bahan bakar alternatif yang dapat digunakan untuk menggantikan bahan bakar jenis gasoline (bensin), biogasolin dapat dibuat dengan berbagai macam jenis minyak nabati (minyak sawit, minyak jarak pagar, minyak kedelai, dll) melalui proses perengkahan berkatalis dengan bantuan gas hydrogen pada suhu tinggi, fraksi bensin tersusun atas hidrokarbon rantai lurus dengan rumus kimia C_nH_{2n+2} , mulai dari C_5 sampai dengan C_{11} . Di Indonesia terdapat beberapa bahan bakar jenis bensin yang mempunyai nilai mutu pembakaran berbeda. Nilai mutu jenis BBM bensin ditentukan berdasarkan nilai RON (research octane number). Premium mempunyai nilai RON sebesar 88, pertamax sebesar 92, dan pertamax plus sebesar 95 (Prihandana dkk, 2007).

Produk biogasolin memiliki beberapa keunggulan dibandingkan bahan bakar fosil gasoline, biogasoline mempunyai sifat murah, *biodegradable*, *renewable*, ramah lingkungan, tidak (banyak) menghasilkan polutan seperti SO_x, NO_x, Pb, jelaga, dan lain-lain. Biogasolin sangat potensial diproduksi di Indonesia karena bahan baku yang melimpah serta kebutuhan akan produk biogasolin yang amat besar.

1.3.3. Katalis

Proses perengkahan minyak nabati dilakukan dengan menggunakan katalis yang berlangsung pada suhu dan tekanan tinggi, dimana pemecahan asam lemak dapat diarahkan dan mengubahnya dengan jalur reaksi yang berbeda. Tujuan penggunaan katalis adalah untuk menurunkan suhu dan mempercepat waktu reaksi, selain itu dengan adanya katalis dapat melakukan proses selektif terhadap reaksi yang diinginkan.

Katalis yang digunakan pada proses *hydrocracking* adalah bifungsional katalis, dimana gabungan antara katalis yang bersifat asam dan katalis logam. Logam transisi yang biasa digunakan sebagai promotor adalah Co, Mo, Ni, Cr, Zr, Pt, dan support katalis asam seperti zeolit, Al₂O₃, SiO₂, silica alumina dan lain-lain (Pashigreva dkk., 2010; Francesco dkk., 2013; Toshiaki, 2015) Komposisi katalis logam dan asam merupakan kombinasi antara proses hidrogenasi dan cracking pada hydrocracking. Produk yang

diperoleh dibagi dalam dua kategori C₆-C₉ dan C₁₀-C₁₈ sebagai middle distillate (Myung-gi dkk., 2015). Pemilihan katalis dapat dilihat berdasarkan tabel 1.3

Tabel 1. 3 Perbandingan Jenis Katalis berdasarkan Konversi Produk

Nama Katalis	Konversi	Peneliti
HZSM-5	44,4%	(Ooi YS, dkk. 2004)
γ -Alumina	28.0%	(A.Wijanarko,dkk. 2007)
Ni.Mo/Zeolit	43.06%	(Riko Saputra,dkk. 2013)
Zeolit/Nikel	44,60 %	(Andrianus,dkk. 2013)
1% Ni-SZ	70%	(Karna Wijaya,dkk. 2022)

Berdasarkan perbandingan diatas dipilih katalis 1%Ni-SZ sebagai katalis dalam proses peretakan katalitik Biogasolin dari Minyak Jelantah. Salah satu senyawa yang dapat dimanfaatkan sebagai katalis pada reaksi hydrocracking ialah katalis Ni-SO₄/ZrO₂ (Ni-SZ), katalis Ni-SZ merupakan senyawa Nikel yang telah dimodifikasi dengan proses sulfatase dengan senyawa Zirkonia, berdasarkan penelitian yang dilakukan (Karna Wijaya,dkk. 2022) senyawa Ni disintetis dengan senyawa Zirkonia (ZrO₂) dengan proses sulfatasi menggunakan bantuan senyawa H₂SO₄ 0,5; 1,0; dan 1,5 M. Padatan SZ dengan nilai keasaman total tertinggi (SZ X)

dikalsinasi pada 500 C, 550 C, 600 C, 650 C, 700 C. Pada SZ X terkalsinasi dengan nilai keasaman total tertinggi diimbangkan Ni dengan variasi konsentrasi 1, 2, 3% (b/b) menggunakan metode hidrotermal. Hasil uji aktivitas dan selektivitas katalis menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi Ni yang diimbangkan maka produk cair dan fraksi gasoline yang dihasilkan semakin tinggi.

Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan katalis 1% Ni/SZ menghasilkan proporsi yield produk biogasolin tertinggi yakni sebesar 70.28% (~70%). Hal tersebut menunjukkan katalis 1%Ni-SZ cukup baik digunakan sebagai katalis dalam proses *hydrocracking* minyak goreng bekas atau asam lemak rantai panjang menjadi biogasolin. Karena keasaman yang optimal dan panas resistensi yang baik, katalis 1% Ni-SZ adalah katalis yang potensial untuk digunakan untuk aplikasi skala industri dalam menghasilkan konversi biogasoline yang tinggi.

1.3.4. Cracking

Proses perekahan atau *cracking* merupakan reaksi pemecahan senyawa hidrokarbon rantai panjang dan berat molekul besar menjadi senyawa hidrokarbon rantai pendek dan berat molekul lebih kecil, istilah ini terutama diterapkan pada fraksi minyak tanah yang diperoleh dalam kilang minyak bumi untuk menghasilkan hidrokarbon yang lebih pendek dan alkena. Perengkahan pada prinsipnya adalah proses pemutusan dimana molekul organik yang

kompleks menjadi molekul yang sederhana sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar yang lebih baik dari minyak nabati (Riri Napitupulu, dkk. 2012). Proses *cracking* dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu:

a. *Thermal Cracking*

Thermal Cracking atau pirolisis adalah proses peretakan dengan menggunakan pemanasan pada temperatur yang sangat tinggi dengan rentang suhu 425 C - 650 C tanpa melibatkan oksigen. Proses *thermal cracking* sangat dipengaruhi oleh suhu dan waktu pemanasan. Proses *thermal cracking* digunakan untuk memecah, menata ulang dan menggabungkan rantai hidrokarbon. Rantai Hidrokarbon akan mengalami peretakan thermal melalui pembentukan radikal bebas pada temperatur tinggi.

b. *Catalytic Cracking*

Catalytic Cracking adalah proses pemutusan rantai hidrokarbon dengan bantuan katalis yang berfungsi untuk mempercepat waktu reaksi dan mendapatkan *yield* produk yang lebih besar, reaksi *catalytic cracking* dapat berlangsung tanpa adanya oksigen. Dalam prakteknya, peretakan minyak nabati untuk menghasilkan bahan bakar cair hanya

mungkin dicapai dengan bantuan katalis (Napitupulu, dkk. 2012)

Menurut Gates (1991) mekanisme perengkahan senyawa rantai panjang seperti alkana pada permukaan katalis asam berlangsung melalui mekanisme pembentukan ion karbonium, sedangkan reaksi perengkahan tanpa menggunakan katalis akan melalui mekanisme pembentukan radikal bebas.

Prinsip perengkahan katalitik adalah dengan cara memecahkan hidrokarbon kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana sehingga dapat meningkatkan kualitas produk dan juga menurunkan residu yang dihasilkan dengan bantuan katalis. Senyawa hidrokarbon akan dipecah secara acak menghasilkan campuran hidrokarbon dengan molekul yang lebih kecil (Widayat, 2005).

c. *Catalytic Hydrocracking*

Reaksi *Catalytic Hydrocracking* merupakan reaksi pemutusan senyawa hidrokarbon rantai panjang menjadi senyawa hidrokarbon rantai pendek dengan melibatkan katalis dan gas Hidrogen pada keadaan suhu dan tekanan tertentu sehingga dihasilkan produk bahan bakar cair setaraf fraksi biogasoline yaitu berupa alkana cair rantai lurus dari

C₁₅ sampai C₁₈. Proses catalytic hydrocracking ini mempunyai kelebihan yaitu dapat memberikan konversi yang tinggi, yield kearah middle distilat tinggi, kualitas alkana yang dihasilkan mempunyai bilangan setana yang tinggi (Chheda, 2007). *Catalytic hydrocracking* minyak nabati menggunakan katalis padat dapat meningkatkan yield produk. *Catalytic hydrocracking* digunakan untuk menurunkan konsumsi energi untuk mengkonversi umpan menjadi menjadi fraksi ringan seperti gasoline.

Berdasarkan beberapa metode reaksi diatas, dipilih metode *Catalytic Hydrocracking* sebagai proses dalam pembuatan biogasolin dari minyak jelantah dengan beberapa pertimbangan yang dapat dilihat pada tabel 1.3

Tabel 1. 4 Kelebihan dan Kekurangan dari 3 Jenis Metode Craking

Metode	Kelebihan	Kekurangan
<i>Thermal Cracking</i>	-Tidak memerlukan oksigen	-Waktu reaksi relatif lama -Memerlukan temperature yang sangat tinggi

		-Menghasilkan residu berupa padatan
<i>Catalytic Cracking</i>	-Tidak memerlukan oksigen -Reaksi berlangsung lebih cepat	-Produk yang dihasilkan berupa gas dan coke -Katalis perlu diregenerasi
<i>Catalytic Hydrocracking</i>	-Reaksi berlangsung secara lebih cepat -Katalis dapat bereaksi dengan maksimal -Meningkatkan efisiensi reaktor -Dapat berlangsung dengan kapasitas besar	-Konsumsi hydrogen tinggi sehingga meningkatkan biaya operasi. -Menghasilkan CO ₂ sebagai hasil samping

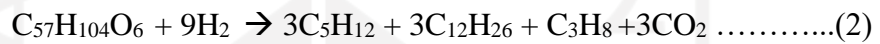
1.4. Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.4.1. Tinjauan Termodinamika

Dengan keterbatasan data kinetika maka kami menggunakan pendekatan untuk mencari nilai K nya dengan

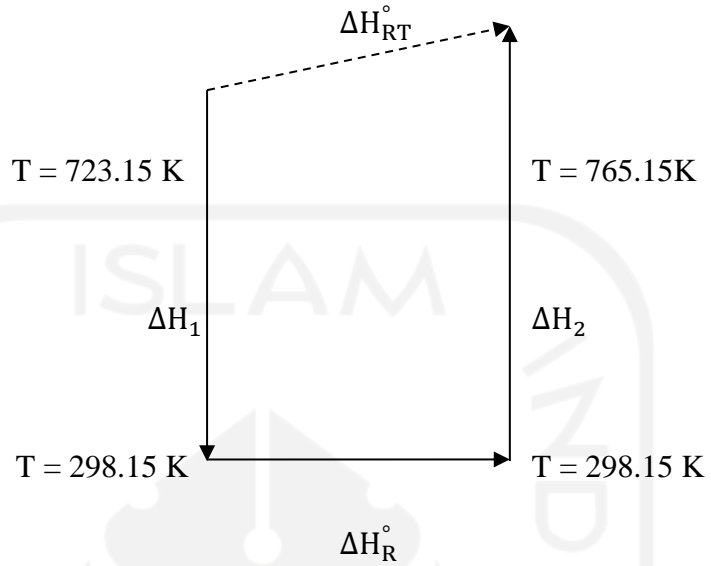
menggunakan jurnal SNTKI, 2012 dimana katalisnya adalah zeolit bukan nikel.

Reaksi pembentukan biogasolin dari minyak jelantah berlangsung pada temperature tinggi yaitu berkisar antara suhu 350 °C-500 °C dan tekanan atmosfer 1 atm (SNTKI, 2012). Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Untuk mengetahui reaksi yang berjalan secara spontan dan membutuhkan panas maka perlu mencari nilai enthalpi reaksi dan nilai energi Gibbs. Reaksi pembentukan biogasolin dari minyak jelantah berlangsung secara eksotermis, hal ini dapat diketahui dari nilai ΔH reaksi pada suhu 298.15 K sebagai berikut :

Menentukan nilai enthalpi (ΔH_{total})



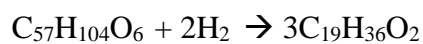
Tabel 1. 5 Data H_f° 298.15 dan G_f° 298.15

Komponen	ΔH_f° 298.15 (kJoule/mol)	ΔG_f° 298.15 (kJoule/mol)
H ₂	0.00	0.00
CO ₂	-393.51	-394.40
C ₃ H ₈	-103.85	-23.47
C ₅ H ₁₂	-146.44	-8.37
C ₁₂ H ₂₆	-290.87	50.04
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	-626.00	-117.00
C ₅₇ H ₁₀₄ O ₆	-671.78	-189.69

(Yaws, 2003)

a. Menghitung ΔH_R°

Untuk reaksi (1) :



$$\begin{aligned}
\Delta H_{R\ 298.15}^{\circ} &= \sum \Delta H_{f\ 298.15}^{\circ} \text{ produk} - \sum \Delta H_{f\ 298.15}^{\circ} \text{ reaktan} \\
&= [(\Delta H_{f\ 298.15}^{\circ} \ 3C_{19}H_{36}O_2)] - [(\Delta H_{f\ 298.15}^{\circ} \ C_{57}H_{104}O_6) + \\
&\quad (\Delta H_{f\ 298.15}^{\circ} \ 2H_2)] \\
&= [(3*(-626.00))] - [(-671.78) + (2*(0))] \\
&= -1206.22 \text{ kJoule/mol}
\end{aligned}$$

Untuk reaksi (2) :

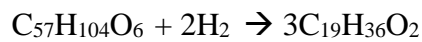


$$\begin{aligned}
\Delta H_{R\ 298.15}^{\circ} &= \sum \Delta H_{f\ 298.15}^{\circ} \text{ produk} \\
&\quad - \sum \Delta H_{f\ 298.15}^{\circ} \text{ reaktan} \\
&= [(\Delta H_{f\ 298.15}^{\circ} \ 3C_5H_{12}) + (\Delta H_{f\ 298.15}^{\circ} \ 3C_{12}H_{26}) + \\
&\quad (\Delta H_{f\ 298.15}^{\circ} \ C_3H_8) + (\Delta H_{f\ 298.15}^{\circ} \ 3CO_2)] - \\
&\quad [(\Delta H_{f\ 298.15}^{\circ} \ C_{57}H_{104}O_6) + (\Delta H_{f\ 298.15}^{\circ} \ 9H_2)] \\
&= [(3*(-146.44)) + (3*(-290.87)) + (-103.85) + (3*(- \\
&\quad 393.51))] - \\
&\quad [(-671.78) + (9*(0))] \\
&= -1925.76 \text{ kJoule/mol}
\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas diketahui bahwa nilai $\Delta H_{R\ 298.15}^{\circ}$ pada kedua reaksi bernilai negatif, maka dapat disimpulkan reaksi pembentukan biogasolin merupakan reaksi eksotermis, sehingga membutuhkan pendingin.

Menentukan ΔG°

Untuk reaksi (1) :



$$\begin{aligned}\Delta G_{f\ 298.15}^\circ &= \Delta G_{f\ 298.15}^\circ \text{ produk} - \Delta G_{f\ 298.15}^\circ \text{ reaktan} \\ &= [(\Delta G_{f\ 298.15}^\circ\ 3\text{C}_{19}\text{H}_{36}\text{O}_2)] - [(\Delta G_{f\ 298.15}^\circ\ \text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6) + \\ &\quad (\Delta G_{f\ 298.15}^\circ\ 2\text{H}_2)] \\ &= [(3 * (-117.00))] - [(-189.69) + (2 * (0))] \\ &= -161.31 \text{ Joule/mol}\end{aligned}$$

Untuk reaksi (2) ;



$$\begin{aligned}\Delta G_{f\ 298.15}^\circ &= \Delta G_{f\ 298.15}^\circ \text{ produk} - \Delta G_{f\ 298.15}^\circ \text{ reaktan} \\ &= [(\Delta G_{f\ 298.15}^\circ\ 3\text{C}_5\text{H}_{12}) + (\Delta G_{f\ 298.15}^\circ\ 3\text{C}_{12}\text{H}_{26}) + (\Delta G_{f\ 298.15}^\circ\ \text{C}_3\text{H}_8) + \\ &\quad (\Delta G_{f\ 298.15}^\circ\ 3\text{CO}_2)] - [(\Delta G_{f\ 298.15}^\circ\ \text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6) \\ &\quad + \Delta G_{f\ 298.15}^\circ\ 9\text{H}_2)] \\ &= [(3*(-8.37))+(3*(50.04))+(-23.47)+(3*(-394.40))] - \\ &\quad [(-189.69)+(9*(0))] \\ &= -1271.35 \text{ kJoule/mol}\end{aligned}$$

Menurut (Yaws, 2003) reaksi yang memiliki nilai ΔG_f° lebih kecil dari 0 merupakan reaksi spontan. Dari perhitungan di atas dapat diketahui bahwa $\Delta G_{f\ 298.15}^\circ$ untuk reaksi pertama ialah -161.31

kJoule/mol sedangkan $\Delta G_f^\circ_{298.15}$ untuk reaksi kedua ialah sebesar -1271.35 kJoule/mol, karena nilai ΔG_f° kedua reaksi tersebut bernilai negatif maka dapat disimpulkan bahwa sintesis pembentukan biogasolin dari minyak jelantah merupakan reaksi spontan.

Menentukan $K_{298.15}$

Untuk reaksi (1) :

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_{298.15}$$

$$\ln K_{298.15} = -\frac{\Delta G^\circ}{RT} = -\frac{\left(-161.31 \frac{\text{Joule}}{\text{mol}}\right)}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \times 298.15 \text{ K}}$$

$$K_{298.15} = 5784.76985$$

Untuk reaksi (2) :

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_{298.15.15}$$

$$\ln K_{298.15} = -\frac{\Delta G^\circ}{RT} = -\frac{\left(-1271.35 \frac{\text{Joule}}{\text{mol}}\right)}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \times 298.15 \text{ K}}$$

$$K_{298.15} = 45592.1341$$

Mencari nilai $K_{723.15}$ dengan persamaan Van't Hoff

Untuk reaksi (1) :

$$\ln \frac{K_{723.15}}{K_{298.15}} = \frac{\Delta H_R^\circ}{R} \left(\frac{1}{298.15} - \frac{1}{623} \right)$$

$$\begin{aligned} K_{723.15} &= K_{298.15} \exp \left[\frac{\Delta H_R^\circ}{R} \left(\frac{1}{298.15} - \frac{1}{723.15} \right) \right] \\ &= 5784.76985 \exp \left[\frac{-1206.22 \text{ J/mol}}{8,314 \text{ J/(mol.K)}} \left(\frac{1}{298.15} - \frac{1}{723.15} \right) \right] \\ &= 4345.94945 \end{aligned}$$

Karena harga $K_{723.15}$ yang besar maka pada reaksi kesetimbangan cenderung ke arah produk, sehingga dapat disimpulkan bahwa reaksi berlangsung secara *irreversible*.

Untuk reaksi (2) :

$$\ln \frac{K_{723.15}}{K_{298.15}} = \frac{\Delta H_R^\circ}{R} \left(\frac{1}{298.15} - \frac{1}{623} \right)$$

$$\begin{aligned} K_{723.15} &= K_{298.15} \exp \left[\frac{\Delta H_R^\circ}{R} \left(\frac{1}{298.15} - \frac{1}{723.15} \right) \right] \\ &= 45592.13405 \exp \left[\frac{37.100 \text{ J/mol}}{8,314 \text{ J/(mol.K)}} \left(\frac{1}{298.15} - \frac{1}{623} \right) \right] \\ &= 28880.1402 \end{aligned}$$

Karena harga $K_{723.15}$ yang tinggi maka pada reaksi kesetimbangan cenderung ke arah produk, sehingga dapat disimpulkan bahwa reaksi berlangsung secara *irreversible*.

1.4.2. Tinjauan Kinetika

Berdasarkan studi kinetika peretakan katalitik untuk menghasilkan *biofuel* dari Seminar Nasional Teknik Kimia 2012, reaksi pembentukan biogasolin dari minyak jelantah mengikuti persamaan reaksi orde satu, kenaikan temperatur berbanding lurus dengan kenaikan laju reaksi sesuai dengan persamaan Arrhenius :

$$k = K_0 e^{\frac{-Ea}{RT}}$$

Keterangan:

k = konstanta kecepatan reaksi (s^{-1})

K_0 = faktor frekuensi

E = energi aktivasi (kJ/mol)

R = Tetapan gas umum ($8,314472 \times 10^{-3} \frac{\text{kJ}}{\text{mol K}}$)

T = temperatur operasi

Dari persamaan Arrhenius tersebut dapat dicari harga E, persamaan Arrhenius dapat dinyatakan secara logaritma sebagai berikut:

$$\ln k = \ln K_0 - \frac{E}{RT}$$

Nilai E (energi aktivasi) diperoleh dari plot $\ln k$ vs $1/T$ sehingga diperoleh intersep $\ln K_0$ dan slope E/R digunakan untuk menentukan nilai E dan faktor frekuensi (K_0). Diperoleh harga energi aktivasi sebesar 29496,17 J/mol dan faktor pengaktifan (K_0) sebesar 13,5285 liter $\text{mnt}^{-1} \text{gr kat.}^{-1}$. Sehingga bila suhu meningkat maka harga k juga akan meningkat sehingga akan meningkatkan laju reaksi. Dari persamaan arhenius tersebut diperoleh persamaan kinetika reaksi orde satu dengan nilai $k = 13,5285 e^{-29496,17/RT}$. Maka persamaan laju reaksinya dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$r_A = 13,5285 e^{-29496,17/RT} C_A \text{ (mol/gr kat. Menit)}$$

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

2.1.1. Biogasolin

Rumus Molekul	: C_5H_{12}
Fase (T = 30 C, P = 1 atm)	: Cair
Berat Molekul	: 72,150 g/mol
Densitas (T = 15 C)	: 715 – 770 kg/m ³
Titik Didih Akhir	: 215 C
Tekanan Uap	: 45 – 60 Kpa
Titik Nyala	: -45 F atau -43 C
Sifat Kimia	: Reaktif (Mudah terbakar)
Kelarutan	: Tidak larut dalam air

2.1.2. Biokerosen

Rumus Molekul	: $C_{12}H_{26}$
Fase (T = 30 C, P = 1 atm)	: Cair
Berat Molekul	: 170,338 g/mol
Densitas (T = 15 C)	: 835 kg/m ³
Titik Didih	: 175- 325 C
Titik Nyala	: 38,0 – 52,0 C
Sifat Kimia	: Reaktif (Mudah terbakar)
Titik Asap	: 15 mm
Kelarutan	: Tidak larut dalam air

2.1.3. Karbon Dioksida

Rumus Molekul	: CO_2
Fase (T = 30 C, P = 1 atm)	: Gas
Berat Molekul	: 44.010 g/mol
Densitas (gas pada 32°F/0°C 1 atm)	: 1.795 kg/m ³

Titik Didih	: -78.464 C
Viskositas	: 1.495 cP
Kelarutan	: Larut dalam air

2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

2.2.1. Minyak Jelantah (*Waste Cooking Oil*), triolein.

Rumus Molekul	: $C_{57}H_{140}O_6$
Fase (T = 30 C, P = 1 atm)	: Cair
Berat Molekul	: 885,4 g/mol
Densitas (pada 15 C)	: 915 kg/m^3
Titik Didih	: 360 °C
Viskositas	: 24,57 cP
Kelarutan	: Tidak larut dalam air
Kelarutan dalam ethanol	: Larut dalam ethanol

2.2.2. Hidrogen

Rumus Molekul	: H_2
Fase (T = 30 C, P = 1 atm)	: Gas
Berat Molekul	: 2,02 g/mol
Densitas	: 0.071 g/m^3
Titik Didih	: - 252.8 °C
Titik Leleh	: - 259.2 °C
Kemurnian	: 99,9 %
Sifat Kimia	: Reaktif (Mudah terbakar)
Kelarutan	: Larut dalam air

2.2.3. Katalis 1.0 Nickel-Modified Sulfated Zirconia

Rumus Molekul	: 1%Ni/SZ
Tingkat keasaman	: 9.54 mmol NH_3/g

Tabel 2. 1 Komposisi Unsur Katalis 1%Ni/SZ

Katalis	% Komposisi Unsur			
	Zr	O	S	Ni
1%Ni/SZ	67.91	29.74	1.00	1.35

2.2.4. *Mono Ethanol Amine (MEA)*

Rumus Molekul	: $C_2H_4OHNH_2$
Fase (T = 30 C, P = 1 atm)	: Cair
Berat Molekul	: 61,08 g/mol
Densitas	: 1,016 kg/m ³
Titik Nyala	: 96 C
Titik Didih	: 171 C
Viskositas (30 C)	: 16.2 cP
Kemurnian	: 20 %
Kelarutan	: Tidak larut dalam air

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian Kualitas (*Quality Control*) merupakan proses yang penting dalam proses industri guna memastikan kualitas bahan baku, kualitas proses hingga kualitas produk yang dirancang sesuai standar yang ditentukan oleh perusahaan demi mendapatkan produk yang berkualitas dan layak untuk dipasarkan. Pengendalian proses pada pabrik biogasolin dari minyak jelantah meliputi beberapa aspek seperti pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian proses, pengendalian kualitas produk, pengendalian kuantitas, dan pengendalian waktu.

2.3.1. Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Kualitas bahan baku memiliki standar yang sudah ditentukan oleh perusahaan, untuk memastikan bahwa kualitas bahan baku sudah sesuai dengan spesifikasi bahan baku yang diperlukan dalam proses produksi biogasolin maka perlu dilakukan pengujian

terhadap bahan baku serta bahan pendukung lainnya sebelum proses produksi dilakukan. Pengujian bahan baku dan bahan pendukung lainnya dilakukan dengan metode *sampling* bahan, pengujian tersebut meliputi uji kemurnian, kadar air, densitas, viskositas, kadar komposisi, dan lain lain.

2.3.2. Pengendalian Proses

Pengendalian proses perlu dilakukan demi menjaga kelancaran serta keberlanjutan proses yang berlangsung. Proses produksi dikendalikan dan diawasi dari unit ruang kontrol untuk mengendalikan pengoperasian alat serta aliran bahan baku. Pengendalian proses dapat dilakukan secara otomatis maupun manual menggunakan beberapa indikator seperti *level control*, *temperature control*, *flowrate control*, dan lain lain. Apabila terjadi penyimpangan dari kondisi proses yang telah ditentukan, indikator akan memberi tanda berupa bunyi alarm, nyala lampu, dan lain sebagainya. Penyimpangan tersebut harus segera diatasi dengan mengatur kembali kondisi operasi hingga kembali pada kondisi normalnya sehingga proses yang berlangsung tidak terganggu.

a. *Level Control*

Merupakan alat yang dipasang pada bagian atas alat untuk mengatur level ketinggian suatu cairan. Jika tinggi cairan belum sesuai dengan kondisi yang diinginkan maka akan timbul tanda isyarat berupa suara dan nyala lampu.

b. *Temperature Control*

Merupakan alat yang dipasang di dalam setiap alat proses yang berfungsi untuk mengukur suhu dari suatu aliran atau alat. Sama halnya dengan *level control*, apabila belum sesuai dengan kondisi yang ditetapkan maka akan timbul tanda isyarat berupa suara dan nyala lampu.

c. *Flowrate Control*

Merupakan alat yang berfungsi untuk mengatur aliran masuk dan aliran keluar proses. Jika aliran yang melaju tidak sesuai pada ukuran yang telah ditetapkan maka akan mengeluarkan isyarat berupa bunyi suara atau nyala lampu.

2.3.3. Pengendalian Kualitas Produk

Kualitas produk yang dihasilkan oleh suatu pabrik harus sesuai dengan standar yang telah ditentukan sebelumnya oleh perusahaan. Kualitas produk akan mempengaruhi kelayakan suatu produk untuk dipasarkan, demi menjaga kualitas produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang telah ditentukan maka perlu adanya pengendalian kualitas produk. Pengendalian kualitas produk dilakukan dengan menguji produk yang telah diproduksi sebelum dipasarkan, pengujian produk tersebut meliputi uji densitas, viskositas, volatilitas, dan lain lain. Pengujian kualitas produk dilakukan dengan menganalisa spesifikasi produk pada laboratorium maupun dengan bantuan alat kontrol.

2.3.4. Pengendalian Kuantitas

Untuk menghindari adanya penyimpangan kuantitas dalam proses produksi maka perlu diadakan pengendalian kuantitas, penyimpangan kuantitas dapat terjadi karena beberapa faktor seperti keterlambatan bahan baku, *human error*, perbaikan alat maupun kerusakan mesin. Oleh karena itu perlu diadakan evaluasi dengan adanya pendendalian kuantitas demi kelancaran proses produksi.

2.3.5. Pengendalian Waktu

Waktu yang diperlukan dalam produksi akan mempengaruhi kuantitas produk yang akan dihasilkan, perlu adanya pengendalian waktu yang baik untuk memaksimalkan proses produksi yang

berlangsung agar produk yang dihasilkan dapat mencapai kapasitas produksi yang diinginkan.

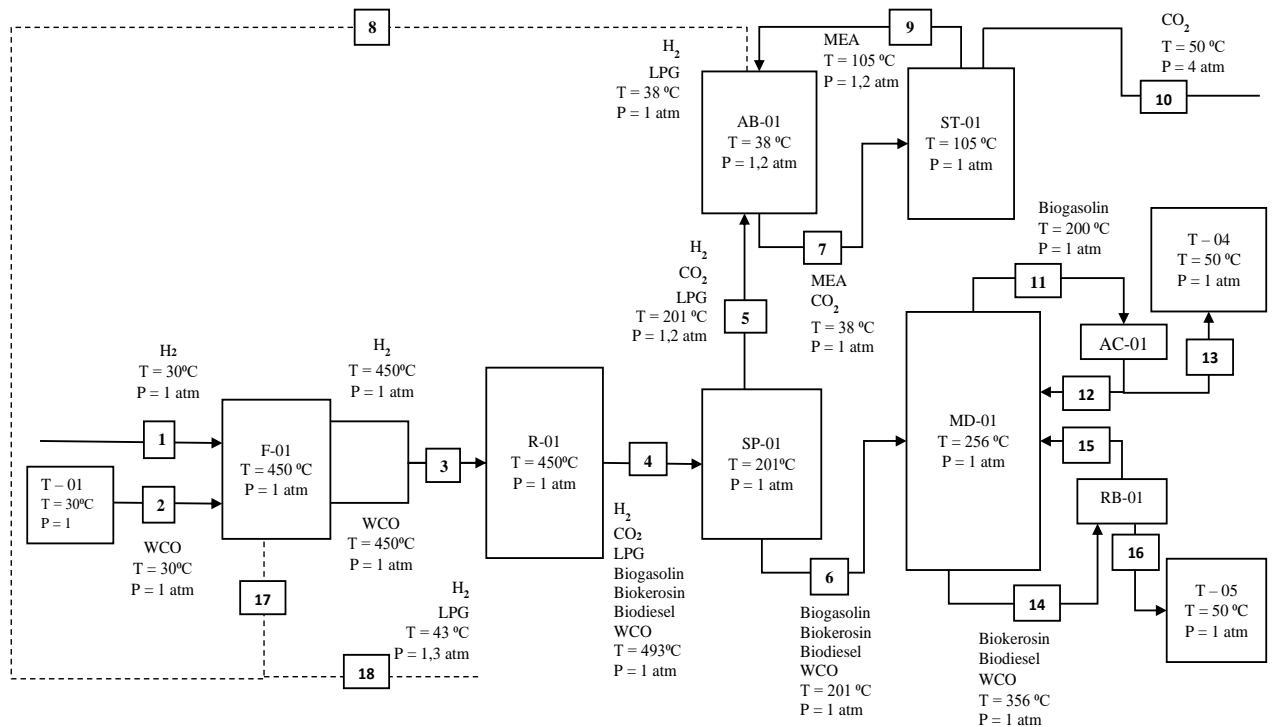
2.3.6. Pengendalian Bahan Proses

Pengendalian bahan proses berguna untuk memastikan ketersediaan bahan baku apakah telah memenuhi kebutuhan minimum yang digunakan untuk proses agar sesuai dengan kapasitas produksi yang diinginkan, pengendalian bahan proses dapat berpengaruh langsung terhadap proses produksi yang berlangsung karena jika bahan yang diperlukan kurang dari jumlah yang dibutuhkan maka jumlah produk yang dihasilkan tidak akan mencapai kapasitas produksi yang telah ditentukan.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Diagram Alir Proses dan Material



Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif

3.2 Uraian Proses

Proses pembentukan Biogasolin dari minyak jelantah menggunakan reaksi *catalytic hydrocracking* yang melibatkan gas Hidrogen dan bantuan katalis 1% NiSZ pada suhu operasi tinggi yaitu sebesar 450°C. Tahapan proses yang dilakukan meliputi tahap persiapan, tahap reaksi, dan tahap pemisahan/pemurnian produk.

3.2.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan perlu dilakukan sebagai proses penyesuaian kondisi bahan baku sebelum masuk ke dalam reaktor. Bahan baku minyak jelantah dari tangki (T-01) dialirkan melalui Pompa (P-02), kemudian mengalirkan minyak jelantah menuju *Furnace* (F-01) untuk memanaskannya dari suhu 30°C menjadi suhu 450°C, sementara itu bahan baku gas Hidrogen dari pipa pembeliannya dialirkan menuju *Furnace* (F-01) dengan kondisi tekanan 1 atm. Pada *furnace* (F-01) bahan baku berupa minyak jelantah dan gas Hidrogen yang telah disesuaikan kondisi tekanan proses 1 atm dinaikkan temperaturnya dari 30 °C menjadi 450 °C, kemudian minyak jelantah cair bersuhu tinggi diubah fasanya menjadi gas dengan *vaporizer* yang terdapat dalam alat *Furnace* (F-01). Penyesuaian tekanan, suhu dan pengubahan fasa bahan baku tersebut bertujuan untuk menyesuaikan kondisi operasi pada tahapan selanjutnya yaitu tahap reaksi dalam reaktor katalitik *fixed bed multitube* yang beroperasi pada suhu 450 °C dengan tekanan 1 atm dalam fase reaksi gas-gas.

3.2.2 Tahap Reaksi

Reaktor yang digunakan dalam produksi biogasolin dari minyak jelantah adalah reaktor jenis *fixed bed*, reaktor *fixed bed* dipilih karena proses reaksi yang berjalan menggunakan katalis padat

yang tidak berpindah atau tetap (*fixed*) di dalam reaktor. Reaksi pembentukan biogasolin dari minyak jelantah dilakukan pada suhu tinggi sebesar 450 °C. Karena memerlukan luas perpindahan panas yang besar maka digunakan reaktor *fixed bed* jenis *multitube* untuk mengoptimalkan proses perpindahan panas pada reaktor dan mengurangi terjadinya hotspot pada katalis yang mempengaruhi kinerja reaktor. Reaksi yang terjadi dalam reaktor merupakan reaksi eksotermis dimana panas reaksi pembentukan produk lebih besar dari suhu bahan baku masuk reaktor yang menyebabkan terjadinya perpindahan panas dari dalam reaktor menuju lingkungan, sehingga diperlukan media pendingin pada reaktor. Menurut studi kinetika peretakan katalitik untuk menghasilkan *biofuel* dari Seminar Nasional Teknik Kimia 2012, proses peretakan katalitik minyak jelantah dalam reaktor *fixed bed* dilakukan pada tekanan operasi 1 atm.

Minyak jelantah merupakan senyawa hidrokarbon rantai panjang yang akan mengalami peretakan dengan bantuan gas Hidrogen dan katalis logam 1%Ni-SZ pada suhu yang tinggi. Pada reaktor senyawa trigliserida dalam minyak jelantah akan mengalami pemutusan rantai dari senyawa hidrokarbon rantai panjang menjadi senyawa hidrokarbon rantai pendek, proses pemutusan senyawa hidrokarbon rantai panjang menjadi senyawa hidrokarbon rantai pendek terjadi di dalam pori-pori katalis, gas Hidrogen berfungsi

untuk mengikat dan memutus rantai karbon sehingga menghasilkan senyawa hidrokarbon rantai pendek berupa : LPG (rantai C₃), Biogasolin (rantai C₅), Biokerosin (rantai C₁₂), dan biodiesel (rantai C₁₉), sedangkan katalis 1%Ni-SZ berfungsi untuk mempercepat jalannya reaksi pemutusan rantai hidrokarbon pada suhu tinggi.

Setelah mengalami reaksi *Catalytic Hydrocracking*, produk keluaran reaktor dialirkan menuju *Waste Heat Boiler* (WHB) yang berfungsi untuk memanfaatkan panas yang keluar dari reaktor untuk membuat *steam* serta berfungsi untuk mendinginkan reaktor. Selanjutnya produk dalam fasa gas-gas dialirkan menuju kondensor parsial (CDP-01) untuk mengembunkan Sebagian produk yang dapat mengembun pada tekanan atmosfer (*condensable product*) produk tersebut antara lain biogasolin, biokerosin, dan biodiesel.

3.2.3 Tahap Pemisahan

Hasil keluaran kondensor parsial (CDP-01) merupakan produk berfasa gas-cair, produk berfasa gas antara lain adalah H₂, CO₂, dan LPG sedangkan produk berfasa cair antara lain adalah biogasolin, biokerosin, dan biodiesel. Produk tersebut dialirkan menuju *Separator* (SP-01) untuk memisahkan produk berfasa cair dengan produk berfasa gas. Hasil atas (*top product*) *Separator* (SP-01) berupa gas H₂, CO₂, dan LPG sedangkan hasil bawah (*bottom*

product) *Separator* (SP-01) berupa biogasolin, biokerosin, dan biodiesel.

Hasil atas *Separator* (SP-01) akan dialirkan menuju *Cooler* (CL-01) untuk menurunkan suhunya dari 201 °C menjadi 38 °C.

Pengkondisian suhu tersebut dilakukan untuk menyesuaikan suhu operasi pada alat selanjutnya, yaitu *Absorber* (AB-01) yang berfungsi untuk memisahkan gas H₂ dan C₃H₈ dari gas CO₂. Pada *Absorber* (AB-01) gas CO₂ diserap oleh larutan MEA (*Mono Ethylene Amine*) 20%, cairan MEA yang sudah bercampur dengan gas CO₂ selanjutnya dialirkan menuju *heater* (HE-01) untuk menaikkan suhunya dari 38 °C menjadi 105 °C, campuran MEA dan gas CO₂ bersuhu tinggi kemudian dialirkan menuju *Stripper* (ST-01) untuk meregenerasi cairan MEA agar dapat digunakan kembali untuk menyerap CO₂ pada alat *Absorber* (AB-01). Pada *Stripper* (ST-01) campuran MEA dan gas CO₂ melewati kolom-kolom pemisah hingga gas CO₂ terurai dari cairan MEA, cairan MEA yang sudah tidak mengandung gas CO₂ bersuhu 105 °C akan dialirkan kembali menuju *Absorber* (AB-01) dengan melewati *Cooler* (CL-02) untuk menyesuaikan suhu pada alat *Absorber* (AB-01) yaitu sebesar 38 °C. Sedangkan Gas CO₂ yang sudah lepas dari cairan MEA kemudian dialirkan menuju alat *Cooler* (CL-03) untuk menurunkan temperaturnya dari suhu tinggi kesuhu yang lebih rendah, gas CO₂ yang telah didinginkan kemudian ditekan dari

kondisi 1 atm menjadi 4 atm menggunakan Kompresor (K-01), selanjutnya gas CO₂ dialirkan menuju *Cooler* (CL-04) untuk mendinginkan kembali suhunya menjadi 50°C kemudian produk siap dialirkan menggunakan pipa penjualan menuju lokasi pabrik yang membeli produk CO₂. Sementara itu gas yang tidak diserap oleh cairan MEA dalam *Absorber* (AB-01) ialah gas C₃H₈ dan sedikit H₂, gas tersebut dialirkan menuju dapur pembakaran dalam *furnace* (F-01) sebagai tambahan bahan bakar.

Hasil bawah *Separator* (SP-01) ialah produk cair yang berisi senyawa biogasolin, biokerosin, biodiesel, dan sedikit sisa WCO. Hasil bawah (*bottom product*) tersebut kemudian dialirkan menuju *Heater* (HE-02) untuk menaikkan suhunya dari 201 °C menjadi 256 °C, selanjutnya produk dialirkan menuju Menara Distilasi (MD-01) dengan tekanan operasi sebesar 1 atm, fungsi alat Menara Distilasi (MD-01) ialah untuk memisahkan produk biogasolin dari produk sampingnya. Prinsip pemisahan dalam Menara Distilasi (MD-01) adalah pemisahan berdasarkan perbedaan titik didih. Hasil keluaran atas dari Menara Distilasi (MD-01) ialah produk biogasolin dalam fase gas, produk biogasolin dalam fasa gas diembunkan dengan Kondensor (CD-01) hingga menjadi produk biogasolin berfasa cair, selanjutnya produk biogasolin dalam fasa cair diturunkan suhunya dengan *Cooler* (CL-05) lalu dialirkan menuju tangki penyimpanan produk (T-02) dengan kondisi penyimpanan pada suhu 50 °C dan

tekanan 1 atm. Sementara itu hasil keluaran bawah Menara Distilasi (MD-01) ialah produk samping berupa campuran biokerosin, sedikit biodiesel, dan sisa dari WCO dialirkan menuju *Cooler* (CL-06) untuk menurunkan suhunya agar sesuai dengan kondisi penyimpanan pada tangki (T-03) yaitu suhu 50 °C dan tekanan 1 bar.

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 *Furnace*

Tabel 3. 1 Spesifikasi *Furnace*

Kode	F-01
Fungsi	Memanaskan umpan reactor dengan media pemanas LNG
Jenis	<i>Furnace</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless steel 304</i>
Jumlah	1
Kondisi Operasi	
Tekanan, bar	1
<i>Tin</i> , °C	30
<i>Tout</i> , °C	450
Dimensi <i>Furnace</i>	
Panjang, m	1,8
Lebar, m	1,8
Tinggi, m	1,8
Volume, m ³	6,1
Jumlah pipa	21
Dimensi <i>Stack</i>	
Diameter, m	2

Tinggi, m	42
Harga, Rp	14,630,225,640.97

3.3.2 Reaktor

Tabel 3. 2 Spesifikasi Reaktor

Spesifikasi umum	
Kode	R-01
Fungsi	Mereaksikan $C_{57}H_{104}O_6$ dengan H_2 dan katalis menjadi $C_{19}H_{36}O_2$, C_5H_{12} , $C_{12}H_{26}$, CO_2 , C_3H_8
Jenis	<i>Fixed bed multitubular</i>
Mode Operasi	Kontinyu
Jumlah	1
Harga, Rp	14,924,402,983.14
Kondisi Operasi	
Suhu, °C	450
Tekanan, bar	1,1
Kondisi Proses	Non-Adiabatis, Non-Isotermal
Konstruksi dan Material	
Bahan konstruksi	Baja karbon A 285
Diameter (ID) <i>shell</i> , m	309,724
Tebal <i>shell</i> , in	0,511
Tinggi total, m	33,42
Jenis <i>head</i>	<i>Ellipsoidal</i>
Insulasi	
Bahan	<i>Glass fiber</i>
Konduktivitas panas, W/m.K	0,043
Tebal isolasi, m	0,4

Spesifikasi khusus	<i>Fixed Bed Multitube Reactor</i>
Jenis katalis	1% Ni/SZ
Bentuk katalis	Padat
Ukuran katalis, mm	8
Tinggi tumpukan, m	30,767
Porositas tumpukan	0,305
WHSV/ jam	0,002
<i>Pressure drop</i> , bar	0,022
Dimensi tube	
Bahan konstruksi	Baja karbon
Id, m	0,053
Od, m	0,06
Panjang	30,767
Jumlah, batang	8552
Tipe	A 285
Ukuran <i>pitch</i>	0,015
Jenis <i>coolant</i>	<i>Dowtherm</i>
Kebutuhan <i>coolant</i> , kg/jam	30,000

3.3.3 Separator

Tabel 3. 3 Spesifikasi Separator

Kode	SP-01
Fungsi	Memisahkan H ₂ , CO ₂ dengan H ₂ O, C ₃ H ₈ , C ₅ H ₁₂ , C ₁₇ H ₃₆ , C ₁₉ H ₃₆ O ₂ , C ₅₇ H ₁₀₄ O ₆
Jenis	<i>Silinder vertical</i>
<i>Material</i>	Baja karbon A 285
Kondisi operasi	
Tekanan, bar	1
Suhu, °C	201

Dimensi Shell	
Panjang, m	1,5
Tebal, in	3/16
Diameter luar, m	0,6
Dimensi Head	
Panjang, m	1,8
Tebal, in	3/16
Jumlah	1
Harga, Rp	66,990,879.90

3.3.4 Absorber

Tabel 3. 4 Spesifikasi Absorber

Kode	AB-01
Fungsi	Menyerap CO ₂ yang berasal dari separator dengan menggunakan larutan <i>MEA</i> (<i>Methyl Diethanol Amine</i>)
Jenis	<i>Packed Tower</i>
<i>Material</i>	Baja karbon A 285
Kondisi operasi	
Tekanan, bar	1,2
Suhu, °C	38
Spesifikasi Shell	
Diameter dalam, m	0,914
Tinggi, m	6,208
Tebal, m	0,0034
Spesifikasi Head	
Jenis	<i>Ellipsoidal</i>
Tebal, m	0,0034
Packing	
Jenis <i>packing</i>	#70 IMPT

Bahan konstruksi	Baja karbon A 285
Susunan <i>packing</i>	Acak
Diameter, m	0,982
Absorben	<i>MEA</i>
Jumlah	1
Harga, Rp	190,548,940.00

3.3.5 *Stripper*

Tabel 3. 5 Spesifikasi *Stripper*

Kode	ST-01
Fungsi	Melucuti CO ₂
Jenis	<i>Packed Tower</i>
Material	Baja karbon A 285
Kondisi operasi	
Tekanan, bar	1
Suhu, °C	105
Spesifikasi Shell	
Diameter dalam, m	1,219
Tinggi, m	12,343
Tebal, m	0,0034
Spesifikasi Head	
Jenis	<i>Ellipsoidal</i>
Tebal, m	0,0034
Packing	
Jenis	#70 IMPT
Bahan konstruksi	Baja karbon A 285
Susunan	Acak
Diameter, in	2,5
Jumlah	1
Harga, Rp	210,525,845.00

3.3.6 Menara Distilasi

Tabel 3. 6 Spesifikasi Menara Distilasi

Kode	MD-01
Fungsi	Memisahkan C_5H_{12} dari $C_{12}H_{26}$, $C_{19}H_{36}O_2$, $C_{57}H_{104}O_6$
Jenis	<i>Sieve tray</i>
<i>Material</i>	Baja karbon A 285
Kondisi operasi	
Umpan, °C	256
Tekanan, bar	1,0087
Distilat, °C	197
Tekanan, bar	1
<i>Bottom</i> , °C	381
Tekanan, bar	1,0179
Spesifikasi Shell	
Diameter, m	1,2
Tinggi, m	9,3
Tebal, in	3/16
Material	Baja karbon
Spesifikasi Head	
Jenis	<i>Ellipsoidal</i>
Tebal, in	3/16
Material	Baja karbon
Tray	
Jenis <i>tray</i>	<i>Sieve</i>
<i>Feed plate</i>	6
Jumlah <i>plate actual</i>	10
Susunan <i>hole</i>	<i>Triangular</i>
Diameter <i>hole</i> , in	3/16

Tray spacing, m	0,6
Jumlah lubang	3277
Jumlah	1
Harga, Rp	172,108,720.00

3.3.7 Condensor Parsial

Tabel 3. 7 Spesifikasi Condensor Parsial

Operating Condition				
Position	Shell		Tube	
Fluid	Fluida panas (produk <i>Organics vapors</i>)		Fluida dingin (<i>water</i>)	
Fluid Type	Hot		Cold	
	In	Out	In	Out
Liquid flowrate, kg/jam	0	8,434.51	36,995.72	36,995.72
Vapor flowrate, kg/jam	8,434.51	0	0	0
Suhu, °C	305	201	30	50
Tekanan, bar	1	1	1	1

Mechanical Design			
Shell (hot fluid)		Tube	
Length, ft	24	Length, ft	24
Passes	1	Passes	1
ID, in	12	ID, in	0,58
Baffle spaces, m	0,06	OD, in	0,75
		Number	23
		A, m ²	47,72
		BWG	14
		Pitch, triangular, in	15/16
ΔP terhitung, bar	0,0001	ΔP terhitung, bar	0,1733
ΔP Diiijinkan, bar	0,34464	ΔP Diiijinkan, bar	0,6893
Rd, m ² s K / kJ	2,01		
Rdmin, m ² s K / kJ	0,529		
Harga, Rp	136,894,406.75		

3.3.8 Condensor total

Tabel 3. 8 Spesifikasi Condensor Total

Operating Condition				
<i>Position</i>	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
<i>Fluid</i>	Fluida panas (produk <i>Organics vapors</i>)		Fluida dingin (<i>water</i>)	
<i>Fluid Type</i>	<i>Hot</i>		<i>Cold</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
<i>Liquid flowrate, kg/jam</i>	0	2,107.34	18,058.51	18,058.51
<i>Vapor flowrate, kg/jam</i>	2,107.34	0	0	0
<i>Suhu, °C</i>	240	197	30	40
<i>Tekanan, bar</i>	1	1	1	1

Mechanical Design			
<i>Shell (hot fluid)</i>		<i>Tube</i>	
<i>Length, ft</i>	8	<i>Length, ft</i>	8
<i>Passes</i>	1	<i>Passes</i>	1
<i>ID, in</i>	10	<i>ID, in</i>	0,58
		<i>OD, in</i>	0,75
		<i>Number</i>	16
		<i>A, m²</i>	7,59
		<i>BWG</i>	14
<i>Baffle spaces, m</i>	0,254	<i>Pitch, triangular, in</i>	1
ΔP terhitung, bar	0,00001	ΔP terhitung, bar	0,06107
ΔP Diiijinkan, bar	0,68929	ΔP Diiijinkan, bar	0,68929
<i>Rd, m² s K / kJ</i>	6,34		
<i>Rdmin, m² s K / kJ</i>	0,88		
Harga, Rp	90,292,055.52		

3.3.9 WHB

Tabel 3. 9 Spesifikasi Waste Heat Boiler

Operating Condition				
<i>Position</i>	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
<i>Fluid</i>	Fluida dingin (<i>water</i>)		Fluida Panas (produk)	
<i>Fluid Type</i>	<i>cold</i>		<i>hot</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
<i>Liquid flowrate, kg/jam</i>	2,313.22	0	0	0
<i>Vapor flowrate,</i>	0	2,313.22	8,434.51	8,434.51

kg/jam				
Suhu, °C	30	150	493	305
Tekanan, bar	4,7	4,7	1	1

Mechanical Design			
<i>Shell (hot fluid)</i>		<i>Tube</i>	
<i>Length, ft</i>	10	<i>Length, ft</i>	10
<i>Passes</i>	1	<i>Passes</i>	1
<i>ID, in</i>	16	<i>ID, in</i>	0,58
		<i>OD, in</i>	0,75
		<i>Number</i>	65
		<i>A, m²</i>	34,11
		<i>BWG</i>	14
<i>Baffle spaces, m</i>	0,406	<i>Pitch, triangular, in</i>	15/16
ΔP terhitung, bar	0	ΔP terhitung, bar	0,20
ΔP Diiijinkan, bar	0,69	ΔP Diiijinkan, bar	0,34
<i>Rd, m² s K / kJ</i>	3,24		
<i>Rdmin, m² s K / kJ</i>	0,529		
Harga, Rp	515,538,510.54		

3.3.10 Reboiler

Tabel 3. 10 Spesifikasi Reboiler

Operating Condition				
<i>Position</i>	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
<i>Fluid</i>	Fluida dingin (produk Organics vapors)		Fluida panas (<i>dowtherm</i>)	
<i>Fluid Type</i>	<i>Hot</i>		<i>Cold</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
<i>Liquid flowrate, kg/jam</i>	9,662.90	4,783.66	0	30,485
<i>Vapor flowrate, kg/jam</i>	0	4,879.23	30,485	0
Suhu, °C	356	381	400	400
Tekanan, bar	1	1	4	4

Mechanical Design			
<i>Shell (cold fluid)</i>		<i>Tube (hot fluid)</i>	
<i>Length, ft</i>	8	<i>Length, ft</i>	8
<i>Passes</i>	1	<i>Passes</i>	1
<i>ID, in</i>	20	<i>ID, in</i>	0,58
		<i>OD, in</i>	0,75
		<i>Number</i>	491

		A, m ²	44,947
		BWG	14
<i>Baffle spaces</i> , m	0,508	<i>Pitch, triangular</i> , in	15/16
ΔP terhitung, bar	0	ΔP terhitung, bar	0,00283
ΔP Diiijinkan, bar	0,69	ΔP Diiijinkan, bar	0,34014
Rd, m ² s K / kJ	0,65		
Rdmin, m ² s K / kJ	0,529		
Harga, Rp	626,219,094.73		

3.3.11 Akumulator

Tabel 3. 11 Spesifikasi Akumulator

Kode	ACC-01
Fungsi	Menampung embunan yang berasal dari kondensor CD01 yang berupa campuran
Lama penyimpanan	10 Menit
Fasa	Cair
Jumlah	1
Jenis	<i>Horizontal silinder</i>
Kondisi operasi	
Suhu, °C	197
Tekanan, bar	1
Spesifikasi	
Volume, m ³	25,19
Diameter, m	2
Tinggi, m	7
Head & bottom	
Jenis head	<i>Ellipsoidal</i>
Tebal head, in	3/16
Harga, Rp	632,044,388.63

3.3.12 Kompresor

Tabel 3. 12 Spesifikasi Kompresor

Kode	K-01
Fungsi	Menekan tekanan
Jenis	<i>Centrifugal</i>
Bahan konstruksi	Baja karbon
Kondisi operasi	
P_{in} , bar	1
P_{out} , bar	4
T_{in} , C	50
T_{out} , C	117
Spesifikasi	
Jumlah <i>stage</i>	1
Power, Hp	100
Harga, Rp	2,271,864,622.73

3.3.13 Heater-01

Tabel 3. 13 Spesifikasi *Heater-01*

<i>Operating Condition</i>				
<i>Position</i>	<i>Tube</i>		<i>Shell</i>	
<i>Fluid</i>	Fluida dingin (produk <i>Organics vapors</i>)		Fluida panas (Steam jenuh)	
<i>Fluid Type</i>	<i>cold</i>		<i>hot</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
<i>Liquid flowrate, kg/jam</i>	15,552.34	15,552.34	0	1,332.49
<i>Vapor flowrate, kg/jam</i>	0	0	1,332.49	0
Suhu, °C	38	105	150	150
Tekanan, bar	1,2	1	4	4

Mechanical Design			
<i>Shell (hot fluid)</i>		<i>Tube</i>	
<i>Length, ft</i>	6	<i>Length, ft</i>	6
<i>Passes</i>	1	<i>Passes</i>	1
<i>ID, in</i>	32	<i>ID, in</i>	0,58
		<i>OD, in</i>	0,75
		<i>Number</i>	842
		<i>A, m²</i>	95,00
		<i>BWG</i>	14
<i>Baffle spaces, m</i>	0,8128	<i>Pitch, triangular, in</i>	15/16
ΔP terhitung, bar	0,04148	ΔP terhitung, bar	0,00003
ΔP Diiijinkan, bar	0,34464	ΔP Diiijinkan, bar	0,34464
<i>Rd, m² s K / kJ</i>	9,37		
<i>Rdmin, m² s K / kJ</i>	0,529		
Harga, Rp	489,324,687.97		

3.3.14 Heater-02

Tabel 3. 14 Spesifikasi *Heater-02*

Operating Condition				
<i>Position</i>	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
<i>Fluid</i>	Fluida dingin (produk <i>Organics vapors</i>)		Fluida panas (<i>dowtherm</i>)	
<i>Fluid Type</i>	<i>Cold</i>		<i>Hot</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
<i>Liquid flowrate, kg/jam</i>	6,775.09	6,775.09	0	1,903.68
<i>Vapor flowrate, kg/jam</i>	0	0	1,903.68	0
<i>Suhu, °C</i>	201	256	276	276
<i>Tekanan, bar</i>	1	1	4	4

Mechanical Design			
<i>Shell (hot fluid)</i>		<i>Tube</i>	
<i>Length, ft</i>	6	<i>Length, ft</i>	6
<i>Passes</i>	1	<i>Passes</i>	1
<i>ID, in</i>	14	<i>ID, in</i>	0,58
		<i>OD, in</i>	0,75
		<i>Number</i>	111
		<i>A, m²</i>	14,23
		<i>BWG</i>	14
<i>Baffle spaces, m</i>	0,3556	<i>Pitch, triangular, in</i>	15/16
ΔP terhitung, bar	0,003	ΔP terhitung, bar	0,0002
ΔP Diiijinkan, bar	0,34464	ΔP Diiijinkan, bar	0,34464

Rd, m ² s K / kJ	3,582
Rdmin, m ² s K / kJ	0,529
Harga, Rp	212,623,227.51

3.3.15 Cooler-01

Tabel 3. 15 Spesifikasi Cooler-01

Operating Condition				
<i>Position</i>	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
<i>Fluid</i>	Fluida panas (produk <i>Organics vapors</i>)		Fluida dingin (<i>water</i>)	
<i>Fluid Type</i>	<i>Hot</i>		<i>Cold</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
<i>Liquid flowrate, kg/jam</i>	0	56,353	6,068.73	6,068.73
<i>Vapor flowrate, kg/jam</i>	56,353	0	0	0
<i>Suhu, °C</i>	201	38	30	32
<i>Tekanan, bar</i>	1	1	1	1

Mechanical Design			
<i>Annulus</i>		<i>Tube</i>	
<i>Length, ft</i>	15	<i>Length, ft</i>	15
<i>Hairpin</i>	1	<i>Hairpin</i>	1
<i>ID, in</i>	2,067	<i>ID, in</i>	1,38
		<i>OD, in</i>	1,66
		<i>A, m²</i>	0,868
ΔP terhitung, bar	0,04307	ΔP terhitung, bar	0,03898
ΔP Diiijinkan, bar	0,34464	ΔP Diiijinkan, bar	0,68928
Rd, m ² s K / kJ	2,313		
Rdmin, m ² s K / kJ	0,529		
Harga, Rp	29,126,469.52		

3.3.16 Cooler-02

Tabel 3. 16 Spesifikasi Cooler-02

Operating Condition				
<i>Position</i>	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
<i>Fluid</i>	Fluida panas (produk <i>Organics vapors</i>)		Fluida dingin (<i>water</i>)	
<i>Fluid Type</i>	<i>Hot</i>		<i>Cold</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>

Liquid flowrate, kg/jam	14,337.07	14,337.07	59,909.80	59,909.80
Vapor flowrate, kg/jam	0	0	0	0
Suhu, °C	105	38	30	40
Tekanan, bar	1	1	1	1

Mechanical Design			
<i>Shell (hot fluid)</i>		<i>Tube</i>	
<i>Length, ft</i>	24	<i>Length, ft</i>	24
<i>Passes</i>	1	<i>Passes</i>	1
<i>ID, in</i>	42	<i>ID, in</i>	0,58
		<i>OD, in</i>	0,75
		<i>Number</i>	85
		<i>A, m²</i>	598,47
		<i>BWG</i>	14
<i>Baffle spaces, m</i>	0,21	<i>Pitch, triangular, in</i>	1
ΔP terhitung, bar	0,06566	ΔP terhitung, bar	0,00068
ΔP Diiijinkan, bar	0,34464	ΔP Diiijinkan, bar	0,68928
<i>Rd, m² s K / kJ</i>	15,85		
<i>Rdmin, m² s K / kJ</i>	0,529		
Harga, Rp	1,039,814,961.94		

3.3.17 Cooler-03

Tabel 3. 17 Spesifikasi Cooler-03

Operating Condition				
<i>Position</i>	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
<i>Fluid</i>	Fluida panas (produk Organics vapors)		Fluida dingin (water)	
<i>Fluid Type</i>	<i>Hot</i>		<i>Cold</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
Liquid flowrate, kg/jam	0	0	7,236.18	7,236.18
Vapor flowrate, kg/jam	1,215.27	1,215.27	0	0
Suhu, °C	105	50	30	32
Tekanan, bar	1	1	1	1

Mechanical Design			
Annulus		Tube	
<i>Length, ft</i>	15	<i>Length, ft</i>	15
<i>Hairpin</i>	1	<i>Hairpin</i>	1
ID, in	2,067	ID, in	1,38
		OD, in	1,66
		A, m ²	1,73
ΔP terhitung, bar	0,00451	ΔP terhitung, bar	0,10932
ΔP Diiijinkan, bar	0,34464	ΔP Diiijinkan, bar	0,68928
Rd, m ² s K / kJ	3,703		
Rdmin, m ² s K / kJ	0,529		
Harga, Rp	2,767,014,604.60		

3.3.18 Cooler-04

Tabel 3. 18 Spesifikasi Cooler-04

Operating Condition				
<i>Position</i>	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
<i>Fluid</i>	Fluida panas (produk <i>Organics vapors</i>)		Fluida dingin (<i>water</i>)	
<i>Fluid Type</i>	<i>Hot</i>		<i>Cold</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
<i>Liquid flowrate, kg/jam</i>	0	0	1,757.77	1,757.77
<i>Vapor flowrate, kg/jam</i>	1,215.27	1,215.27	0	0
Suhu, °C	117	50	30	40
Tekanan, bar	4	4	1	1

Mechanical Design			
<i>Shell (hot fluid)</i>		<i>Tube</i>	
<i>Length, ft</i>	6	<i>Length, ft</i>	6
<i>Passes</i>	1	<i>Passes</i>	1
ID, in	32	ID, in	0,58
		OD, in	0,75
		<i>Number</i>	18
		A, m ²	83,84
		BWG	14
<i>Baffle spaces, m</i>	0,162	<i>Pitch, triangular, in</i>	1
ΔP terhitung, bar	0,00002	ΔP terhitung, bar	0,000001
ΔP Diiijinkan, bar	0,34464	ΔP Diiijinkan, bar	0,68928
Rd, m ² s K / kJ	99,216		
Rdmin, m ² s K / kJ	0,529		
Harga, Rp	2,679,635,196.04		

3.3.19 Cooler-05

Tabel 3. 19 Spesifikasi Cooler-05

Operating Condition				
<i>Position</i>	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
<i>Fluid</i>	Fluida panas (produk <i>Organics vapors</i>)		Fluida dingin (<i>water</i>)	
<i>Fluid Type</i>	<i>Hot</i>		<i>Cold</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
<i>Liquid flowrate, kg/jam</i>	1,991.43	1,991.43	16,139.62	16,139.62
<i>Vapor flowrate, kg/jam</i>	0	0	0	0
Suhu, °C	197	50	30	32
Tekanan, bar	1	1	1	1

Mechanical Design			
<i>Annulus</i>		<i>Tube</i>	
<i>Length, ft</i>	15	<i>Length, ft</i>	15
<i>Hairpin</i>	1	<i>Hairpin</i>	1
ID, in	2,38	ID, in	1,38
		OD, in	1,66
		A, m ²	0,868
ΔP terhitung, bar	0,01361	ΔP terhitung, bar	0,20444
ΔP Diiijinkan, bar	0,34464	ΔP Diiijinkan, bar	0,68928
Rd, m ² s K / kJ	1,328		
Rdmin, m ² s K / kJ	0,529		
Harga, Rp	26,213,822.57		

3.3.20 Cooler-06

Tabel 3. 20 Spesifikasi Cooler-06

Operating Condition				
<i>Position</i>	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
<i>Fluid</i>	Fluida panas (produk <i>Organics vapors</i>)		Fluida dingin (<i>water</i>)	
<i>Fluid Type</i>	<i>Hot</i>		<i>Cold</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
<i>Liquid flowrate, kg/jam</i>	4,783.66	4,783.66	40,401.46	40,401.46
<i>Vapor flowrate, kg/jam</i>	0	0	0	0
Suhu, °C	381	50	30	40
Tekanan, bar	1	1	1	1

Mechanical Design			
<i>Shell (hot fluid)</i>		<i>Tube</i>	
<i>Length, ft</i>	12	<i>Length, ft</i>	12
<i>Passes</i>	1	<i>Passes</i>	1
ID, in	12	ID, in	0,58
		OD, in	0,75
		<i>Number</i>	67
		A, m ²	20,13
		BWG	14
<i>Baffle spaces, m</i>	0,06	<i>Pitch, triangular, in</i>	1
ΔP terhitung, bar	0,04066	ΔP terhitung, bar	0,01823
ΔP Diiijinkan, bar	0,34464	ΔP Diiijinkan, bar	0,68928
Rd, m ² s K / kJ	1,101		
Rdmin, m ² s K / kJ	0,529		
Harga, Rp	218,448,521.42		

3.3.21 Blower

Tabel 3. 21 Spesifikasi Blower

Kode	B-01	B-02
Fungsi	Menghebuskan gas yang keluar dari separator SP-01 ke AB-01	Menghebuskan gas yang keluar dari AB-01 ke F-01
Jenis	<i>Centrifugal</i>	<i>Centrifugal</i>
Kapasitas, Nm ³ /jam	1,235.68	625,44
Kondisi operasi		
Suhu <i>in</i> , °C	201	38
Suhu <i>out</i> , °C	207	43
Tekanan <i>in</i> , bar	1,1	1,2
Tekanan <i>out</i> , bar	1,2	1,3
Dimensi pipa		
Power, HP	10	2
Harga,Rp	87,379,408.57	55,340,292.09

3.3.22 Pompa

Tabel 3. 22 Spesifikasi Pompa

Kode	P-01	P-02	P-03
Fungsi	Mengalirkan bahan baku minyak jelantah dari tangki unit pembelian ke tangki penyimpanan T-01	Mengalirkan minyak jelantah umpan dari T-01 ke F-01	Mengalirkan cairan dari SP-01 ke MD-01
Jenis pompa	<i>Centrifugal</i>	<i>Centrifugal</i>	<i>Centrifugal</i>
Bahan konstruksi	Baja Komersial		
Spesifikasi pompa			
Viskositas, cp	24,43	24,43	0,17
Kapasitas, m ³ /jam	48	9,3	16,44
<i>Pump head</i> , m	13,81	46,23	6,18
Suhu fluida, °C	30	30	201
Motor power, Hp	5	3	0,5
Harga, Rp	265,050,872.65	171,846,170.18	195,147,345.80

Spesifikasi pompa (lanjutan)

Kode	P-04	P-05	P-06
Fungsi	Mengalirkan cairan dari AB-01 ke MD-01	Mengalirkan cairan dari ST-01 ke AB-01	Mengalirkan cairan dari AC-01 ke T-02
Jenis pompa	<i>Centrifugal</i>	<i>Centrifugal</i>	<i>Centrifugal</i>
Bahan konstruksi	Baja Komersial		
Spesifikasi pompa			

Viskositas, cp	3,8	0,99	0,04
Kapasitas, m ³ /jam	48,46	566,31	9,09
<i>Pump head</i> , m	3,55	7	14,92
Suhu fluida, °C	38	105	197
Motor power	0,5	25	0,5
Harga, Rp	230,099,109.22	527,189,098.35	154,370,288.47

Spesifikasi pompa (lanjutan)

Kode	P-07	P-08	P-09
Fungsi	Mengalirkan cairan dari RB-01 ke T-03	Mengalirkan bahan Produk biogasoline dari tangki T02 ke tangki penjualan	Mengalirkan bahan Produk biokerosin dari tangki T03 ke tangki penjualan
Jenis pompa	<i>Centrifugal</i>	<i>Centrifugal</i>	<i>Centrifugal</i>
Bahan konstruksi	Baja Komersial		
Spesifikasi pompa			
Viskositas, cp	0,042	0,24	1,68
Kapasitas, m ³ /jam	14,73	9,09	6,44
<i>Pump head</i> , m	16,85	5,17	4,39
Suhu fluida, °C	381	30	30
Motor power	1	0,5	0,5
Harga, Rp	195,147,345.80	154,370,288.47	154,370,288.47

3.3.23 Tangki

Tabel 3. 23 Spesifikasi Tangki

Kode	T-01	T-02	T-03
Fungsi	Menyimpan minyak jelantah	Menyimpan Biogasoline	Menyimpan Biokerosin
Lama penyimpanan	14 hari	30 Hari	30 Hari
Fasa	Cair	Cair	Cair
Jumlah tangki	1	1	1
Jenis tangki	Silinder <i>vertical</i>	Silinder <i>Vertical</i>	Silinder <i>Vertical</i>
Kondisi operasi			
Suhu, °C	30	30	30
Tekanan, atm	1	1	1
Spesifikasi			
Bahan konstruksi	Baja karbon	Baja karbon	Baja karbon
Volume tangki, m ³	13,278.89	40,888.10	32,437.77
Diameter, m	37	61	49
Tinggi, m	13	15	18
Jumlah <i>course</i>	7	8	10
Tebal <i>shell</i> , in	0.25 0.25 0.3 0.41 0.51 0.62 0.72	0.25 0.32 0.5 0.67 0.85 1.02 1.2	0.25 0.26 0.4 0.54 0.68 0.82 0.96

		1.37	1.1 1.24 1.38
Head & Bottom			
Jenis head	<i>Conical</i>	<i>Conical</i>	<i>Conical</i>
Tebal head, in	3/16	3/16	3/16
Jenis bottom	<i>Flat</i>	<i>Flat</i>	<i>Flat</i>
Tebal bottom, in	3/16	3/16	3/16
Harga, Rp	28,040,052,208.9	58,247,113,750.3	50,109,178,165.8
	6	6	8



3.4 Neraca Massa

Tabel 3. 24 Neraca Massa Total

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
Arus 1,2	8434,51	
Arus 8		444,14
Arus 10		1215,27
Arus 13		1991,43
Arus 16		4783,66
Total	8434,51	8434,51

Tabel 3. 25 Neraca Massa Furnace (F-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 3
H ₂	204,81		204,81
C ₅₇ H ₁₀₄ O ₆		8829,70	8829,70
Total	8483,51		8483,51

Tabel 3. 26 Neraca Massa Reaktor (R-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
	Arus 3	Arus 4
H ₂	204,81	39,05
CO ₂		1215,27
C ₃ H ₈		405,09
C ₅ H ₁₂		1988,63
C ₁₂ H ₂₆		4695,38
C ₁₉ H ₃₆ O ₂		8,79
C ₅₇ H ₁₀₄ O ₆	8229,70	82,29
Total	8434,51	8434,51

Tabel 3. 27 Neraca Massa Separator (SP-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	Arus 4		Arus 5	Arus 6
H ₂	39,05		39,05	
CO ₂	1215,27		1215,27	
C ₃ H ₈	405,09		405,09	
C ₅ H ₁₂	1988,63			1988,63
C ₁₂ H ₂₆	4695,38			4696,38
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	8,79			8,79
C ₅₇ H ₁₀₄ O ₆	82,29			82,29
Total	8434,51		8434,51	

Tabel 3. 28 Neraca Massa Absorber (AB-01)

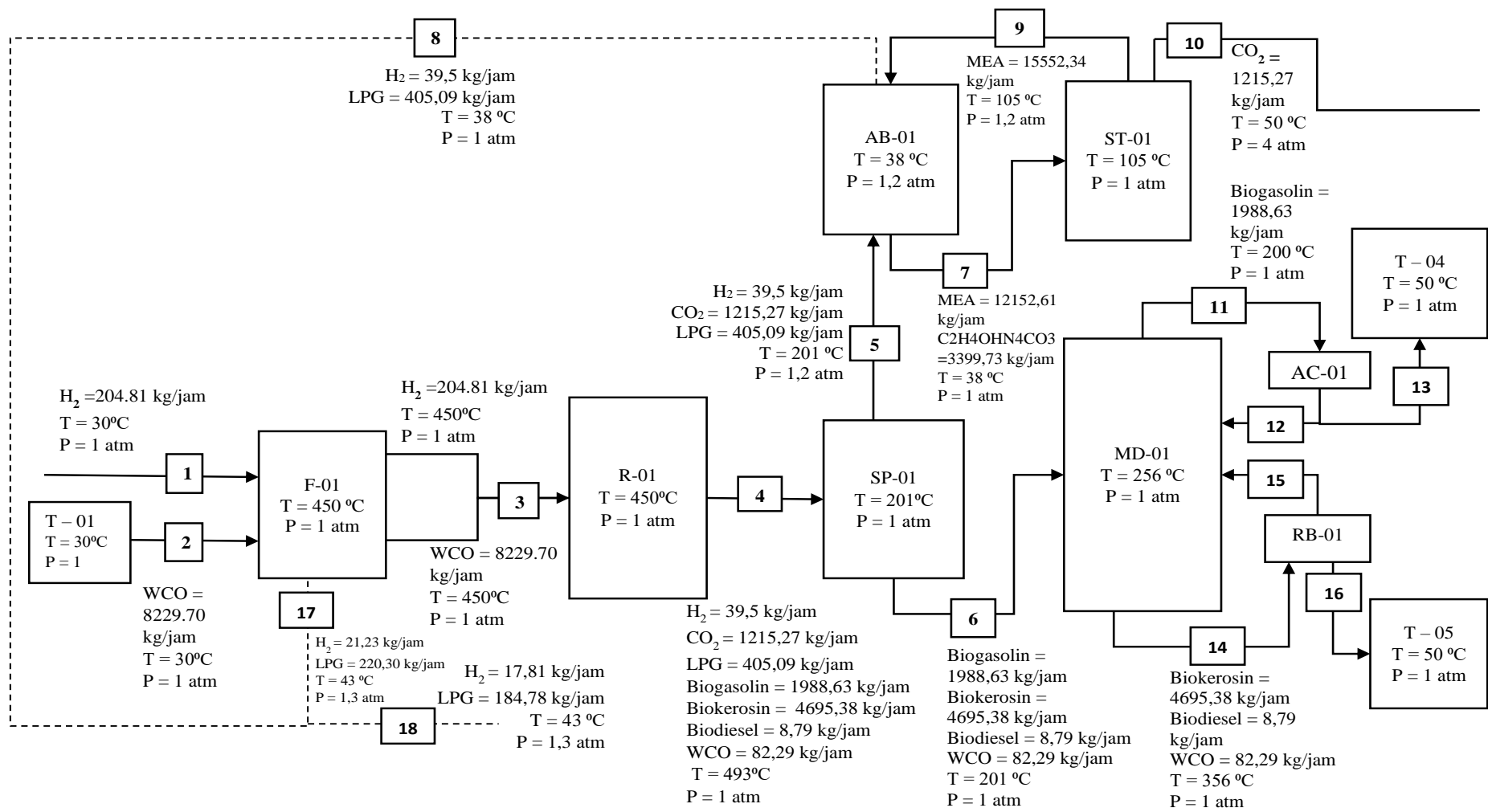
Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	Arus 9	Arus 5	Arus 7	Arus 8
H ₂		39,05		39,05
CO ₂		1215,27		
C ₃ H ₈		405,09		405,09
H ₂ O	11469,65		10971,94	
C ₂ H ₄ OHNH ₂	2867,41		1180,67	
C ₂ H ₄ OHN ₄ CO ₃			3399,73	
Total	15996,48		15996,48	

Tabel 3. 29 Neraca Massa Stripper (ST-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 7	Arus 9	Arus 10
H ₂ O	10971,94	11469,65	
CO ₂			1215,27
C ₂ H ₄ OHNH ₂	1180,67	2867,41	
C ₂ H ₄ OHN ₄ CO ₃	3399,73		
Total	15552,34	15552,34	

Tabel 3. 30 Neraca Massa Menara Distilasi (MD-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 6	Arus 13	Arus 16
C ₅ H ₁₂	1988,63	1986,64	1,99
C ₁₂ H ₂₆	4695,38	4,70	4690,68
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	8,79	0,01	8,78
C ₅₇ H ₁₀₄ O ₆	82,29	0,08	82,21
Total	6775,09	6775,09	



Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif

3.5 Neraca Panas

Tabel 3. 31 Neraca Panas Reaktor

Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar(kj/jam)
Q Masuk	3,117,192.61	
Q Keluar		10,871,552.80
Q Pendingin	11,270,242,118	13,134,358,874
Q Reaksi	1,871,871,115.91	
Total	13,145,230,427	13,145,230,427

Tabel 3. 32 Neraca Panas *Furnace*

Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar(kj/jam)
Q Masuk	18,722.54	
Q Keluar		3,117,192.61
Q Pembakaran	3,098,470.07	
Total	3,117,192.61	3,117,192.61

Tabel 3. 33 Neraca Panas Absorber

Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Q Masuk _g	30,681.86	
Q Masuk _i	634,193.62	
Q Keluar _g		16,850.60
Q Keluar _i		551,280.28
Q Pelarutan	96,744.61	
Total	568,130.87	568,130.87

Tabel 3. 34 Neraca Panas Stripper

Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Q Masuk	2,951,793.56	
Q Keluar _g		87,268.50
Q Keluar ₁		3,072,090.35
Q Pelarutan	207,565.29	
Total	3,159,358.85	3,159,358.85

Tabel 3. 35 Neraca Panas Menara Distilasi

Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar(kj/jam)
Q Masuk	596,353.23	
Q Distilat		97,382.36
Q Residu		1,537,011.07
Q Reboiler	6,148,897.58	
Q Condensor		757,136.40
Q Perpindahan Panas	4,353,720.99	
Total	2,391,529.83	2,391,529.83

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1. Lokasi Pabrik

Dalam penentuan pendirian lokasi pabrik terdapat beberapa faktor yang digunakan sebagai pertimbangan guna menjaga kelangsungan berdirinya suatu pabrik dalam jangka waktu yang panjang. Faktor tersebut terbagi menjadi 2 faktor utama yaitu faktor primer dan faktor sekunder, faktor primer pendirian suatu pabrik merupakan faktor yang secara langsung mempengaruhi tujuan utama dalam pendirian suatu pabrik faktor primer tersebut mencakup letak sumber bahan baku, pemasaran produk, ketersediaan tenaga kerja, utilitas, transportasi, dan keadaan geografis. Sedangkan faktor sekunder pendirian suatu pabrik adalah faktor yang secara tidak langsung berperan dalam proses industri tetapi akan sangat mempengaruhi kelancaran proses produksi suatu pabrik dimana faktor tersebut mencakup mencakup perluasan area pabrik, perijinan, prasarana dan fasilitas penunjang, dan keadaan masyarakat sekitar.

Pabrik Biogasilin dari Minyak Jelantah dengan kapasitas 15.000 ton/tahun ini direncanakan akan didirikan pada Kawasan Industri JIPE di wilayah Manyar, Gresik, Jawa Timur. Pemilihan lokasi ini berdasarkan beberapa pertimbangan seperti konektivitas lokasi pabrik tersebut terhadap pemasaran dan sumber bahan baku, akses menuju pabrik yang mudah dijangkau, tenaga listrik dan sumber air, fasilitas transportasi yang memadai.

4.1.1. Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik



Gambar 4. 1 Lokasi Pendirian Pabrik Biogasolin

a. Letak Sumber Bahan Baku

Bahan baku berupa minyak jelantah diperoleh dari beberapa perusahaan pengumpul minyak jelantah yang lokasinya paling dekat dengan kawasan pendirian pabrik di wilayah Jawa Timur, perusahaan pengumpul minyak jelantah di daerah Jawa Timur diantaranya adalah PT. Green Energi Utama yang berada di Malang, PT. Energi Indo Terkini yang berada di Sidoarjo, CV Artha Metro Oil yang berada di Sidoarjo, dan CV Asia Green Energy yang berada di Madiun. Sementara itu bahan baku gas Hidrogen diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik yang berada tidak

begitu jauh dari lokasi perancangan pabrik Biogasolin dari Minyak Jelantah.

b. Pemasaran Produk

Lokasi pemasaran produk menjadi pertimbangan dalam menentukan lokasi berdirinya pabrik, pemilihan lokasi pemasaran yang tepat akan memberikan keuntungan serta menjaga keberlangsungan berdirinya pabrik. Produk biogasolin direncanakan akan dijual ke wilayah sekitar berdirinya pabrik yaitu di wilayah Jawa Timur guna memenuhi kebutuhan gasolin di wilayah Jawa Timur, selain itu lokasi pemasaran yang dekat dengan konsumen memberikan keuntungan pada biaya distribusi produk. Sasaran pemasaran produk biogasolin dan biokerosin direncanakan akan bekerjasama dengan PT Pertamina (Persero) dengan menerapkan sistem bagi hasil. Sedangkan produk CO₂ dan LPG direncanakan untuk dijual ke PT Petrokimia Gresik.

c. Ketersediaan Tenaga Kerja

Lebih dari separuh penduduk Jawa Timur didominasi oleh generasi milenial (1981-1996) sebanyak 24,32% dan generasi Z (1997-2012) sebanyak 23,96% (BPS Jatim, 2021). Struktur penduduk Jawa Timur yang didominasi oleh generasi milenial dan Z, dapat memberikan stok bagi

ketersediaan angkatan kerja yang berusia produktif. (Robbi, 2022). Selain usia produktif yang cukup banyak, aspek lain dalam mempertimbangkan tenaga kerja yang dibutuhkan ialah kejujuran serta keahlian yang mampu menunjang kemajuan suatu pabrik. Tenaga kerja yang digunakan dibagi menjadi tenaga kerja ahli dan *non skill*, tenaga kerja *non skill* diperlukan sebagai upaya meningkatkan taraf hidup masyarakat di sekitar lokasi pendirian pabrik.

d. Utilitas

Untuk mendukung jalannya proses produksi suatu industri diperlukan unit utilitas yang mampu memenuhi kebutuhan air, bahan bakar, serta listrik. Kawasan industri JIPE Gresik berlokasi di dekat aliran sungai bengawan solo yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber pengadaan air untuk kebutuhan utilitas pada perusahaan. Kebutuhan bahan bakar pabrik diperoleh dari pasokan Perusahaan Gas Negara dan terminal LNG yang tersedia pada unit penyedia bahan bakar pada kawasan industri JIPE Gresik, sedangkan kebutuhan listrik akan diambil dari unit penyedia energi (*power station*) yang tersedia di kawasan industri JIPE Gresik yang mampu memenuhi kebutuhan listrik hingga 660 MW sehingga dapat memberikan pasokan energi yang

berkesinambungan untuk mendukung kegiatan proses dan operasioanl dalam industri.

e. Transportasi

Lokasi pabrik yang sangat strategis dikelilingi berbagai sarana transportasi darat dan berdekatan dengan jalan tol, kereta, serta jalan berstandar internasional yang berada dikawasan industry JIPE Gresik sangat mendukung lancarnya pengangkutan bahan baku maupun pengangkutan produk. Ketersediaan sarana tersebut membuat konektivitas transportasi yang baik sehingga dapat mempermudah akses keluar-masuk pabrik serta menjamin kelangsungan berdirinya pabrik.

f. Keadaan Geografis dan Iklim

Secara geografis, Kabupaten Gresik terletak antara 112° - 113° Bujur Timur dan 7° - 8° Lintang Selatan. Wilayah Gresik didominasi oleh dataran rendah dimana hampir 1/3 wilayahnya merupakan daerah pesisir pantai yang telah didukung dengan pelabuhan umum dan dermaga khusus. Gresik termasuk daerah beriklim tropis dengan temperatur $28,5^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban udara rata-rata 75%. Tingkat curah hujan di wilayah ini juga relatif rendah, yaitu 2.245 mm/tahun. (Bappeda Kabupaten Gresik, 2022) Kondisi ini menjadikan Gresik sebagai wilayah yang potensial untuk

kawasan industri karena memiliki resiko yang rendah terhadap bencana alam seperti banjir, tanah longsor, dan gempa bumi.

4.1.2. Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

a. Perluasan Area Pabrik

Dalam perencanaan pendirian suatu pabrik perlu adanya pertimbangan perluasan area pabrik untuk keperluan penambahan kapasitas pabrik jika dibutuhkan, dengan demikian perlu disediakan lahan kosong yang dipersiapkan untuk area rencana perluasan pabrik ditahun yang akan datang agar tidak kesulitan dalam mencari lahan untuk perluasan. Kawasan JIPE Gresik memiliki total luas area 3000 hektar dan luas kawasan industri sebesar 1761 hektar, area industri yang sangat luas ini sangat memungkinkan adanya penambahan luas pabrik sesuai kebutuhan dimasa mendatang.

b. Perijinan

Kawasan JIPE Gresik merupakan area yang disediakan untuk mendukung aktivitas perindustrian sehingga akan mudah mendapatkan perijinan untuk mendirikan pabrik pada kawasan tersebut, dengan adanya sistem perijinan terpadu

dan program Kemudahan Langsung Ijin Kontruksi (KLIK) dapat menunjang kelancaran perijinan pembangunan pabrik.

c. Prasarana dan Fasilitas Penunjang

Prasarana dan fasilitas penunjang di sekitar area pabrik menjadi pertimbangan untuk mempermudah kegiatan sosial bagi karyawan pabrik. Kawasan industri JIPE Gresik memiliki lahan perumahan seluas 800 hektar yang sudah terhubung dengan kawasan industri. Kawasan perumahan tersebut memiliki berbagai fasilitas dan sarana penunjang sosial seperti sarana ibadah, sarana pendidikan, sarana kesehatan, hingga sarana hiburan.

d. Keadaan Masyarakat Sekitar

Keadaan masyarakat sekitar lokasi berdirinya pabrik cukup terbuka menerima adanya pembangunan pabrik di wilayah tersebut dikarenakan Gresik sudah sejak lama menjadi kawasan perindustrian di wilayah Jawa Timur.

Selain itu pendirian pabrik tidak akan mengganggu keamanan serta keselamatan masyarakat sekitar karena faktor-faktor tersebut sudah dipertimbangkan sebelum pabrik dibangun.

4.2. Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata letak pabrik merupakan pengaturan letak fasilitas pabrik secara efektif dan efisien pada luasan area yang sudah disediakan sehingga dapat memperlancar dan mempermudah mobilitas proses di suatu pabrik. Fasilitas pabrik tersebut meliputi tempat kerja karyawan, tempat penyimpanan bahan baku, tempat produksi, serta lokasi unit utilitas. Selain itu terdapat juga bangunan fisik penunjang produksi yang tidak termasuk dalam bangunan unit proses produksi, bangunan fisik tersebut antara lain adalah kantor, bengkel, laboratorium, kantin, pos satpam, perpustakaan, dan lain lain. Penempatan bangunan baik bangunan unit proses maupun bangunan pendukung idealnya ditempatkan pada lokasi yang tidak membahayakan dan tidak mengganggu jalannya proses produksi.

Tata letak pabrik dibuat dengan mempertimbangkan berbagai aspek sehingga proses produksi yang berjalan serta mobilitas karyawan yang bekerja dapat dilakukan dengan aman, mudah, dan efisien. Dengan demikian penyusunan bangunan harus disusun secara sistematis dan terstruktur dengan jarak yang ideal. Tata letak pabrik dapat dibagi kedalam beberapa daerah utama yang meliputi :

- a. Daerah Administrasi/perkantoran, laboratorium, dan fasilitas pendukung.
 1. Kantor berfungsi sebagai pusat kegiatan administrasi pabrik.
 2. Laboratorium berfungsi sebagai pusat kontrol kualitas bahan baku dan produk serta sebagai sarana pengembangan.

3. Fasilitas pendukung bagi karyawan seperti : kantin, masjid, klinik, aula, mess, dan lain lain.

b. Daerah Proses, Ruang Kontrol , dan Perluasan Area.

Merupakan lokasi alat proses produksi serta ruang kontrol yang berguna sebagai pusat pengendalian dan pengawasan terhadap kegiatan produksi yang dijalankan oleh pabrik, area perluasan ialah lahan kosong yang disediakan untuk penambahan luas pabrik jika dibutuhkan dimasa mendatang.

c. Daerah Penyimpanan, Bengkel, dan Garasi

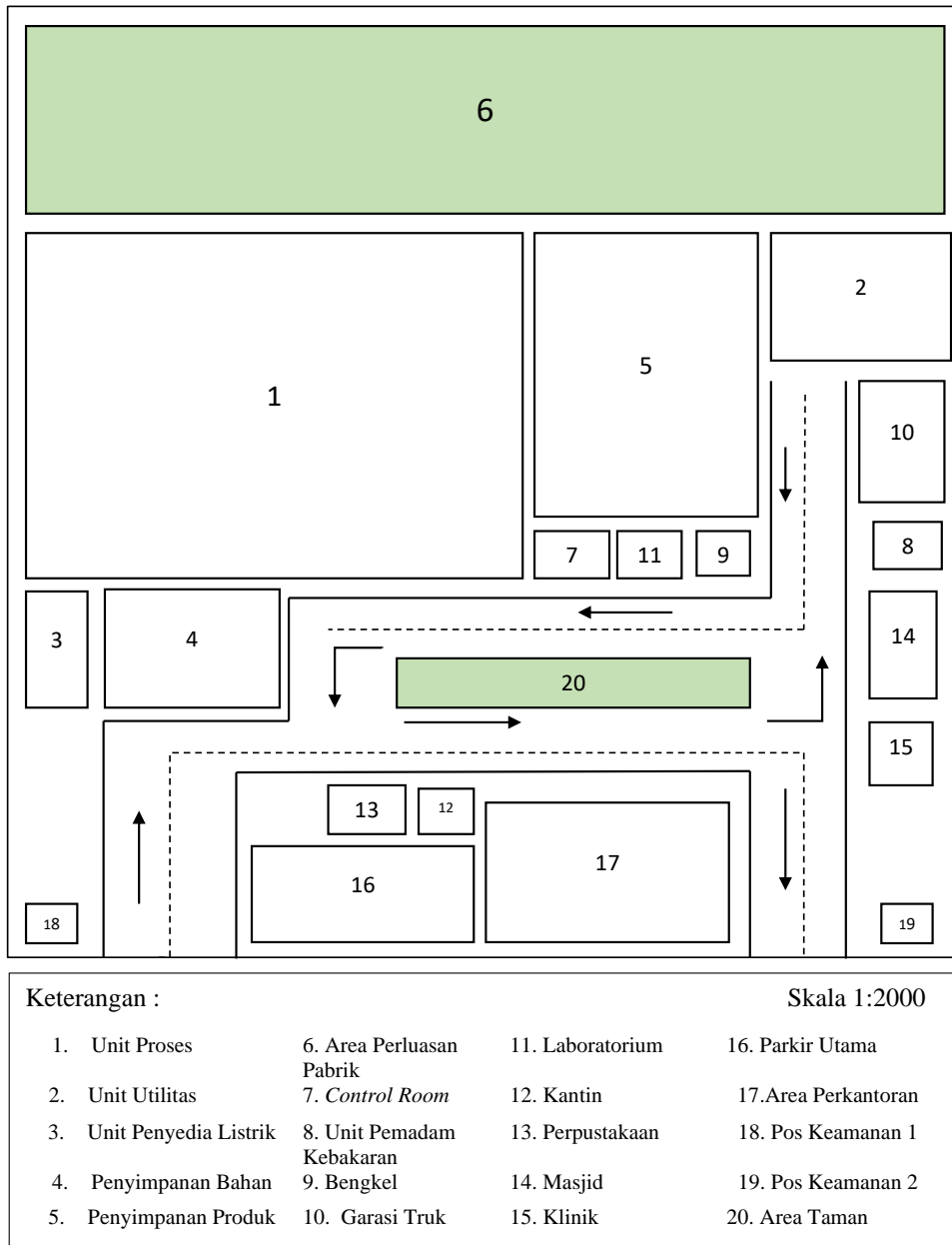
Daerah penyimpanan merupakan lokasi penampungan produk berlebih serta alat penunjang proses lainnya, bengkel diperlukan untuk perbaikan alat yang rusak atau bermasalah pada mesin, dan garasi digunakan sebagai tempat untuk menyimpan sarana transportasi seperti truk pengangkut dan lain sebagainya.

d. Daerah Utilitas dan *power station*.

Merupakan lokasi penyedia segala kebutuhan utilitas dan energi seperti unit penyedia air, unit penyedia steam, unit penyedia listrik, serta unit *emergency* seperti pemadam kebakaran.

Tabel 4. / Rincian Luas Tanah Bangunan Pabrik

No	Nama Bangunan / Lahan	Lebar, m	Panjang, m	Luas, m ²
1	Unit Proses	160	114	18290.3
2	Unit Utilitas	50	30	1500
3	Unit Penyedia Listrik	15	10	150
4	Penyimpanan Bahan	30	15	450
5	Penyimpanan Produk	70	40	2800
6	Area Perluasan Pabrik	100	20	2000
7	Control Room	10	5	50
8	Unit Pemadam Kebakaran	16	25	400
9	Bengkel	8	10	80
10	Garasi Truk	15	20	300
11	Laboratorium	10	7	70
12	Kantin	8	6	48
13	Perpustakaan	10	15	150
14	Masjid	10	25	250
15	Klinik	8	8	64
16	Parkir Utama	55	30	1650
17	Area Perkantoran	40	70	2800
18	Pos Keamanan	5	8	40
19	pos keamanan 2	5	8	40
20	Area Taman	10	40	400
Luas Bangunan				25,226
Luas Tanah				26,090



Gambar 4. 2 Layout Pabrik

4.3. Tata Letak Mesin/Alat Proses (*Machines Layout*)

Perancangan tata letak mesin/alat proses pada pabrik memerlukan beberapa pertimbangan agar proses produksi dapat berjalan secara efisien, adapun pertimbangan tersebut antara lain:

a. Aliran bahan baku dan produk

Aliran bahan baku dan produk yang tepat akan menunjang kelancaran proses produksi dan kemandirian produksi, serta memberikan keuntungan besar dalam bidang ekonomi karena dapat mengurangi penggunaan alat angkut sehingga mengurangi biaya modal yang tidak penting.

b. Aliran udara

Aliran udara pada area sekitar proses perlu dipertimbangkan guna menghindari terjadinya stagnasi udara yang dapat menyebabkan akumulasi/penumpukan bahan kimia pada lokasi tertentu sehingga membahayakan keselamatan pekerja.

c. Operasi

Pengoperasian setiap alat harus selalu dikontrol dengan memanfaatkan ruang kontrol sebagai pusat pengendalian proses produksi, dengan demikian area produksi harus berdekatan dengan ruang kontrol (*control room*) guna mempermudah pengendalian proses produksi.

d. Pencahayaan

Pencahayaan yang cukup di area produksi harus dipertimbangkan untuk meminimalisir adanya kecelakaan kerja, area yang dimaksud meliputi setiap unit alat maupun jalan antar unit alat proses. Pada peralatan yang memiliki

potensi bahaya yang tinggi harus dilengkapi dengan adanya penerangan tambahan.

e. Lalulintas manusia dan kendaraan

Perancangan tata letak alat proses harus mempertimbangkan lalulintas pekerja dan kendaraan agar mobilitas di area proses produksi dapat berjalan lancar dan efisien.

f. Keamanan

Perancangan tata letak alat proses harus mempertimbangkan resiko bahaya yang mungkin terjadi dalam proses produksi seperti adanya kebakaran pada pabrik, sehingga peletakan alat proses harus mudah dijangkau oleh unit pemadam kebakaran agar tidak menimbulkan korban jiwa jika terjadi kecelakaan.

g. Perawatan

Tata letak alat proses harus mempertimbangkan ruang untuk perawatan, perawatan dapat menjaga efisiensi peralatan dan memperpanjang masa pakai alat, serta menjaga keamanan dan keselamatan kerja. Contoh pengadaan ruang perawatan pada alat *heat exchanger* untuk membersihkan bagian *tube*.

h. Perluasan dan pengembangan pabrik

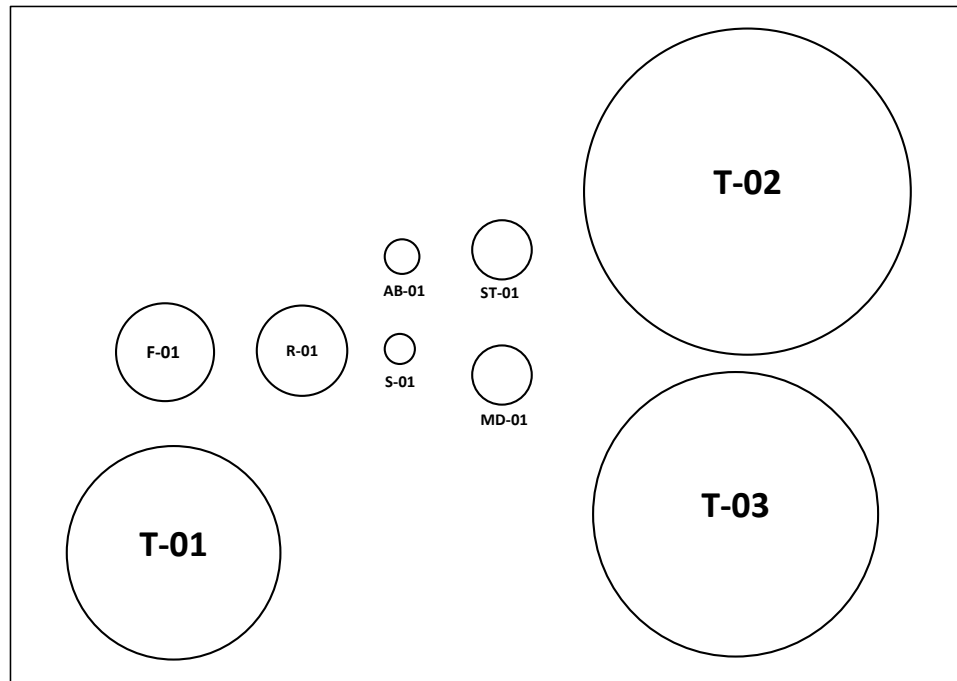
Perluasan dan pengembangan pabrik menjadi pertimbangan dalam tata letak alat proses guna mempermudah adanya penambahan kapasitas produksi jika diperlukan dikemudian hari, sehingga diperlukan penempatan alat yang tepat agar memungkinkan adanya perluasan pabrik.

i. Pertimbangan ekonomi

Penempatan alat-alat proses harus diatur sedemikian rupa guna meminimalisir penggunaan pipa secara berlebihan atau alat transport pada proses produksi serta meminimalkan biaya konstruksi sehingga mengurangi biaya yang tidak penting.

j. Jarak antar alat proses

Jarak antar alat proses perlu dipertimbangkan demi kelancaran proses produksi, alat proses yang memiliki kondisi operasi yang ekstrim (suhu dan tekanan tinggi) harus diberi jarak yang cukup dari alat proses lainnya agar tidak mempengaruhi proses pada peralatan lain dan membahayakan keselamatan pekerja jika terjadi ledakan atau kebakaran.



Keterangan :

SKALA 1 : 1000

T - 01	: Tangki 01	R - 01	: Reaktor 01
T - 02	: Tangki 02	S - 01	: Separator 01
T - 03	: Tangki 03	AB - 01	: Absorber 01
F - 01	: Furnace 01	ST - 01	: Stripper 01
MD - 01	: Menara Distilasi 01		

Gambar 4. 3 *Layout* Alat Proses

4.4. Organisasi Perusahaan

4.4.1. Bentuk Perusahaan

Pabrik Biogasolin dengan kapasitas 15.000 ton/tahun ini akan didirikan dengan bentuk perusahaan berupa Perseroan Terbatas (PT), perusahaan dengan bentuk perseroan terbatas mendapatkan modal dari penjualan saham, saham merupakan surat berharga yang dikeluarkan oleh perusahaan (PT) sebagai bukti kepemilikan

perusahaan. Perusahaan dengan bentuk Perseroan Terbatas memiliki beberapa kelebihan antara lain:

1. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak berpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta staf dan karyawan perusahaan.
2. Mudah mendapatkan modal/sumber dana yaitu dengan menjual saham perusahaan, sehingga mudah untuk melebarkan sayap perusahaan.
3. Perpindahan saham dari pemilik sebelumnya ke pemilik baru dapat dilakukan dengan mudah.
4. Tanggung jawab pemegang saham terbatas sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.
5. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain. Pemilik perusahaan adalah para pemegang saham dan pengurus perusahaan adalah direksi beserta staf yang diawasi oleh dewan komisaris.
6. Efisiensi dari manajemen, para pemegang saham duduk dalam dewan komisaris dan dewan komisaris ini dapat memilih dewan direksi diantaranya Direktur utama yang cukup berpengalaman.
7. Lapangan usaha lebih luas, suatu PT dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat sehingga dengan modal ini PT dapat memperluas usahanya.

4.4.2. Struktur Organisasi

Struktur organisasi sangat diperlukan untuk mempermudah pembagian tugas dan tanggung jawab dalam suatu perusahaan. Struktur organisasi mendeskripsikan peran setiap individu dalam perusahaan, oleh karena itu struktur organisasi dari suatu perusahaan harus tertata dan jelas sesuai dengan fungsinya agar perusahaan dapat mencapai target yang ditetapkan dengan mudah. Struktur organisasi dapat disesuaikan dengan bentuk dan kebutuhan perusahaan. Jenjang kepemimpinan dalam perusahaan ini ialah sebagai berikut :

- a. Pemegang Saham
- b. Dewan Komisaris
- c. Direktur Utama
- d. Direktur
- e. Kepala Bagian
- f. Kepala Seksi
- g. Karyawan dan Operator

Tiap jenjang kepemimpinan memiliki tugas, wewenang, dan tanggung jawab yang berbeda, kekuasaan tertinggi terletak pada pemegang saham sebagai pemilik modal sekaligus pemilik perusahaan. Sedangkan tugas, wewenang serta tanggung jawab

tertinggi terletak pada dewan komisaris sebagai pelaksana dari para pemilik saham.

Struktur organisasi dalam pabrik biogasolin dari minyak jelantah ini menggunakan sistem *line and staff* karena garis kekuasaannya yang lebih sederhana dan praktis sehingga memudahkan dalam pembagian tugas kerja. Dengan sistem *line and staff* seorang karyawan hanya bertanggung jawab kepada atasan saja. Dalam menjalankan tugas dan kewajibannya terdapat dua kelompok yang berpengaruh dalam sistem ini yaitu kelompok *line* yang didefinisikan sebagai orang yang melaksanakan tugas pokok organisasi sedangkan kelompok *staff* merupakan orang yang melakukan tugas sesuai dengan keahliannya dan dapat memberikan saran-saran yang membantu kepada unit di atasnya.

4.4.3. Tugas dan Wewenang

a. Pemegang Saham

Pemilik saham adalah orang yang telah membeli saham atau orang yang telah mendapatkan bagian dari kepemilikan dari perusahaan, pemegang saham terdiri atas beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk keperluan pendirian perusahaan serta modal berjalannya operasi perusahaan tersebut, kewajiban pemilik saham adalah memberikan dukungan dalam hal keuangan dengan melakukan penyetoran atas bagian saham yang diambalnya.

Pemegang saham memiliki hak kekuasaan tertinggi dalam perusahaan dan memiliki segala wewenang yang tidak diserahkan kepada Dewan Komisaris dan Direksi. Para pemegang saham dapat membuat keputusan dalam Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) yang merupakan organ tertinggi dalam struktur perusahaan.

Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) berfungsi sebagai wadah untuk melindungi hak-hak pemegang saham. Kewenangan pemegang saham dalam RUPS meliputi :

1. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris dan Direksi.
2. Menyetujui laporan tahunan perusahaan serta perubahan anggaran dasar perusahaan.
3. Mengevaluasi kinerja Dewan Komisaris dan Direksi.

b. Dewan Komisaris

Dewan komisaris adalah orang yang ditunjuk oleh pemilik saham untuk mengawasi seluruh kegiatan perusahaan atau sebagai pelaksana dari pemilik saham, dewan komisaris bertanggung jawab atas segala kegiatan yang berhubungan dengan pengelolaan serta kebijakan perusahaan.

Dewan komisaris memiliki tugas mengawasi direksi dalam menjalankan tugas dan kewajibannya terhadap pelaksanaan

Rencana Jangka panjang perusahaan (RJKP), selain itu dewan komisaris memiliki wewenang yang meliputi:

1. Mengganti direksi perusahaan jika dirasa tidak dapat menjalankan tugas dan tanggung jawabnya dengan baik.
2. Membantu direktur utama dalam hal-hal penting.
3. Mengawasi tugas-tugas direktur utama
4. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijakan umum terkait target laba perusahaan, alokasi sumber dana serta pengarahannya.

c. Direktur Utama

Direktur Utama adalah pemimpin tertinggi perusahaan yang bertugas mengkoordinir, mengawasi dan memajemen segala bentuk kegiatan yang berjalan diperusahaan, kedudukan direktur utama sangat berpengaruh terhadap maju dan mundurnya suatu perusahaan, oleh karena itu direktur utama bertanggung jawab kepada dewan komisaris atas segala tindakan dan kebijakan yang diambil sebagai pimpinan perusahaan.

Direktur Utama harus dapat mengimplementasikan visi dan misi perusahaan serta menyusun strategi bisnis untuk perusahaan agar dapat mencapai tujuan tertentu yang telah ditetapkan sebelumnya. Direktur utama memiliki kewenangan penuh terhadap hal-hal yang berkaitan dengan pelaksanaan kegiatan

perusahaan sesuai dengan maksud dan tujuan perusahaan, serta berhak menunjuk orang yang mampu memimpin setiap divisi dalam direktorat. Direktur Utama membawahi langsung Direktur Teknik dan Produksi, Direktur Keuangan dan Pemasaran, serta Direktur Sumber Daya Manusia dan Umum.

1. Direktur Teknik dan Produksi, memiliki tugas dan wewenang dalam memimpin dan mengambil kebijakan dalam pelaksanaan teknik dan produksi dalam pabrik serta mengawasi berjalannya kegiatan operasional pabrik dalam bidang teknik, produksi, pengembangan, pengadaan serta pemeliharaan alat serta laboratorium. Direktur Teknik dan Produksi membawahi Kepala Bagian Proses dan Utilitas, serta Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumental , serta Kepala Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu.
2. Direktur Keuangan dan Pemasaran, memiliki tugas dan wewenang dalam perencanaan dan pengalokasian anggaran dana keluar dan masuk perusahaan serta mengambil kebijakan terkait pemasaran produk. Direktur Keuangan dan Pemasaran membawahi Kepala Bagian Keuangan dan Kepala Bagian Pemasaran.
3. Direktur Sumber Daya Manusia dan Umum, memiliki tugas dan wewenang terhadap hal-hal yang berkaitan dengan administrasi, personalia, keamanan, humas, dan keselamatan

kerja. Direktur Sumber Daya Manusia dan Umum membawahi Kepala Bagian Administrasi dan Sumber Daya Manusia, Kepala Bagian Kesehatan dan Keselamatan Lingkungan, serta Kepala Bagian Umum dan Keamanan.

d. Kepala Bagian

Kepala Bagian bertugas mengatur dan mengkoordinir segala kegiatan yang berkaitan dengan bidangnya masing-masing serta memimpin pelaksanaan tugas dari departemen yang diembannya.

Kepala bagian bertanggung jawab kepada Direktorat yang menaunginya untuk mengawasi jalannya pekerjaan yang dilakukan oleh masing-masing seksi.

1. Kepala Bagian Proses dan Utilitas

Bertugas mengkoordinir segala pekerjaan yang berjalan di pabrik dalam bidang penyediaan bahan baku, proses, maupun utilitas. Kepala bagian proses dan utilitas bertanggung jawab

kepada Direktur Teknik dan Produksi atas segala kegiatan yang berkaitan dengan proses dan utilitas dalam pabrik.

2. Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi

Bertanggung jawab atas segala kegiatan pemeliharaan alat dan mesin, pengadaan listrik, dan instrumen penunjang kegiatan produksi lainnya.

3. Kepala Bagian Penelitian, Pengembangan, dan Pengendalian Mutu

Bertugas mengawasi berbagai kegiatan yang berkaitan dengan penelitian, pengembangan serta pengendalian mutu bahan maupun produk.

4. Kepala Bagian Keuangan

Bertugas mengatur dan melaksanakan segala kegiatan pengelolaan keuangan dan pengadaan barang, mengimplementasikan anggaran dana yang telah disetujui serta membuat laporan pertanggungjawaban keuangan.

5. Kepala Bagian Pemasaran

Bertugas mengkoordinir segala bentuk kegiatan pemasaran, kepala bagian pemasaran bertanggung jawab untuk mengembangkan dan mengevaluasi strategi pemasaran sesuai dengan kebijakan perusahaan serta memberikan saran kepada direksi bagian keuangan dan pemasaran dalam melaksanakan kegiatan manajemen dibidang pemasaran.

6. Kepala Bagian Administrasi dan Sumber daya Manusia

Bertanggung jawab atas segala kegiatan administrasi dan kesekretariatan dalam perusahaan serta mengawasi pengelolaan tata usaha dalam perusahaan. Mengkoordinir pengembangan sumber daya manusia, mengawasi perekrutan, seleksi serta penempatan posisi karyawan.

7. Kepala Bagian Kesehatan dan Keselamatan Lingkungan

Bertugas mengawasi kegiatan pengolahan limbah dan kegiatan pelestarian lingkungan serta turut bertanggung jawab terhadap kesehatan dan keselamatan kerja karyawan.

8. Kepala Bagian Umum dan Keamanan

Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berkaitan dengan hubungan masyarakat dan keamanan perusahaan.

e. Kepala Seksi

Kepala Seksi bertugas mengkoordinir pelaksanaan kegiatan kerja karyawan dan operator serta bertanggung jawab mengawasi kinerja staff pada sub bagiannya masing-masing. Tiap-tiap seksi memiliki tugas dan kewajiban melaksanakan kegiatan pekerjaan dalam unit divisinya masing-masing sesuai dengan *job desk* yang telah ditentukan perusahaan. Kepala seksi bertanggung jawab kepada kepala bagian atas segala bentuk pelaksanaan kerja yang berjalan dalam perusahaan sesuai dengan unit divisinya.

1. Kepala Seksi Proses

Bertugas melaksanakan dan mengawasi segala kegiatan proses produksi yang berjalan dalam pabrik serta memastikan kelancaran kegiatan produksi tersebut.

2. Kepala Seksi Utilitas

Bertanggung jawab atas pengadaan seluruh unit utilitas seperti air, *steam*, bahan bakar, dan lain-lain.

3. Kepala Seksi Pemeliharaan dan Bengkel

Bertanggung jawab terhadap segala kegiatan pemeliharaan, perbaikan, serta penggantian fasilitas produksi dalam pabrik. Melakukan pengecekan terhadap komponen pendukung produksi sesuai lama penggunaannya.

4. Kepala Seksi Listrik dan Instrumensasi

Bertugas menyediakan energi listrik dan instrumentasi yang dibutuhkan selama proses produksi berlangsung agar kegiatan produksi dapat berjalan dengan lancar tanpa adanya hambatan yang disebabkan oleh keterbatasan energi.

5. Kepala Seksi Laboratorium dan Pengendalian Mutu

Bertanggung jawab mengawasi seluruh kegiatan dalam laboratorium termasuk pengendalian mutu bahan baku dan produk agar sesuai dengan standar yang telah ditentukan.

6. Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan

Bertugas melakukan penelitian dalam upaya pengembangan kualitas serta kuantitas produk yang dihasilkan serta bertanggung jawab atas kebijakan teknis penelitian dan pengembangan yang dilakukan perusahaan.

7. Kepala Seksi Tata Usaha

Bertugas mengurus kebijakan dibidang umum dan kepegawaian baik perencanaan dan pelaporan, perlengkapan dan asset, serta keuangan di perusahaan.

8. Kepala Seksi Personalia

Bertanggung jawab atas segala kegiatan yang berhubungan dengan sumber daya manusia dan kepegawaian.

9. Kepala Seksi Pengolahan Limbah

Bertanggung jawab atas kegiatan teknis pengolahan limbah di perusahaan serta kelestarian lingkungan.

10. Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Bertanggung jawab dalam memastikan kesehatan dan keselamatan kerja seluruh karyawan perusahaan.

11. Kepala Seksi Hubungan Masyarakat

Bertanggung jawab terhadap hal yang berkaitan dengan hubungan kemasyarakatan, relasi dengan pemerintah, dan industry lainnya.

12. Kepala Seksi Keamanan

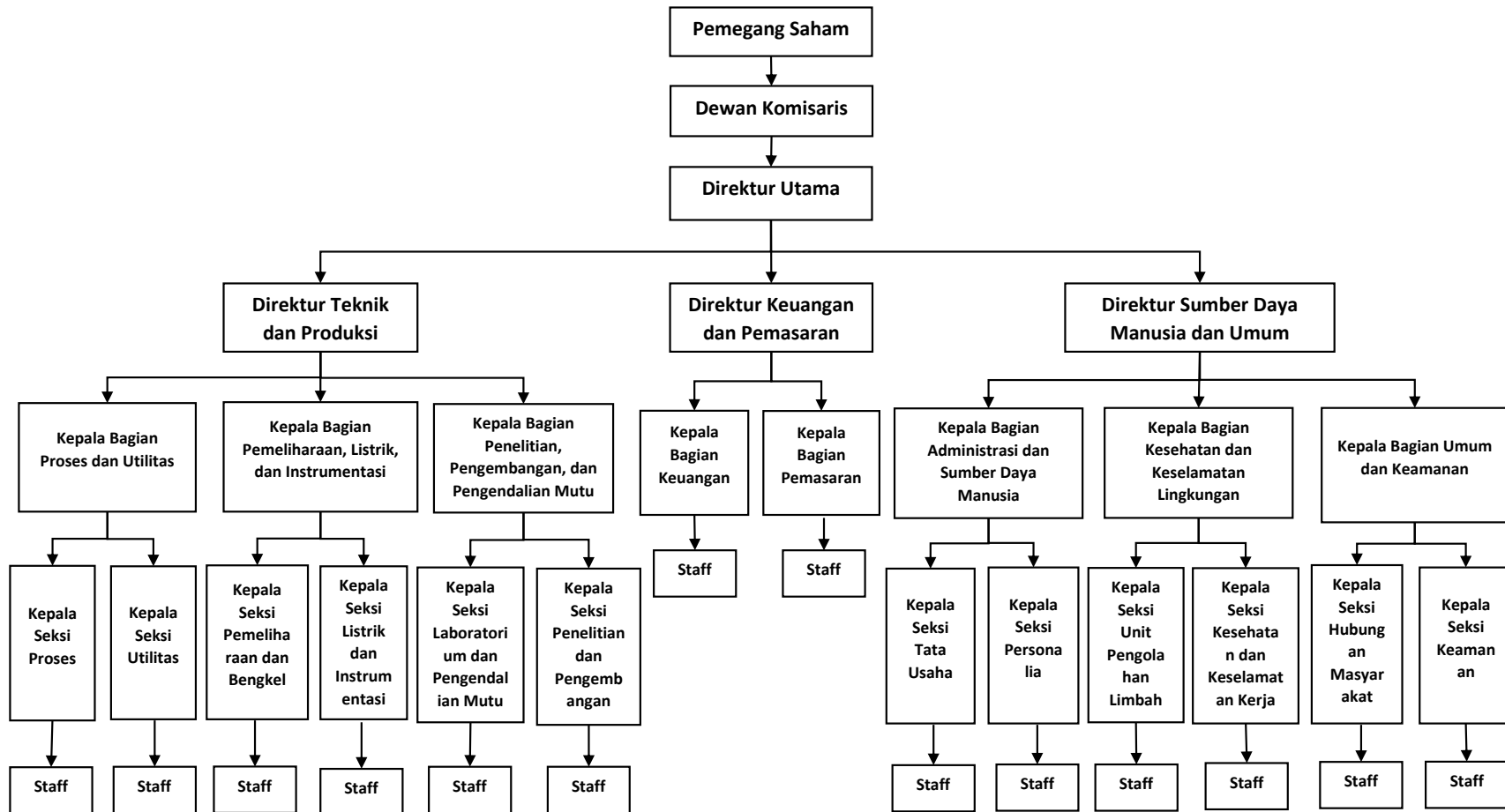
Bertugas menjaga dan mengawasi kondisi perusahaan agar selalu aman serta bertanggung jawab kepada kepala bagian keamanan terkait kegiatan pengawasan dan penjagaan yang dilakukan di area perusahaan.

f. Karyawan dan Operator

Karyawan merupakan tenaga ahli yang bertugas melaksanakan segala bentuk kegiatan pekerjaan sesuai dengan lingkup bidang keahliannya masing-masing, sementara itu tugas utama seorang operator ialah mengoperasikan dan memonitoring

mesin yang berhubungan dengan proses produksi sehingga mesin dapat berjalan sesuai dengan fungsinya. Karyawan dan Operator memiliki wewenang untuk memberi masukan terhadap segala aspek operasional perusahaan.





Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan

4.4.4. Status, Penggolongan, dan Sistem Penggajian

1. Status Karyawan

Karyawan digolongkan menjadi 3 jenis berdasarkan statusnya, penggolongan ini dibuat berdasarkan perbedaan kedudukan, tanggung jawab, serta keahliannya.

a. Karyawan Tetap

Merupakan karyawan yang diangkat dan diberhentikan berdasarkan Surat Keputusan (SK) dari direksi dan mendapatkan gaji bulanan berdasarkan keahlian dan kedudukannya serta masa kerjanya.

b. Karyawan Harian

Merupakan karyawan yang diangkat dan diberhentikan tanpa adanya Surat Keputusan (SK) dari direksi dan digaji berdasarkan masa kerjanya (upah harian) yang dibayar setiap akhir pekan.

c. Karyawan Borongan

Merupakan karyawan yang bekerja pada pabrik apabila sedang dibutuhkan saja, sistem penggajian karyawan borongan yaitu berdasarkan pekerjaan yang telah selesai dilakukan (upah borongan).

2. Penggolongan Jabatan

Penggolongan jabatan diperlukan untuk menempatkan SDM yang berkompeten sesuai dengan spesifikasi pendidikan dan keahlian yang dimilikinya pada suatu bidang/jabatan tertentu. Jenjang pendidikan yang disyaratkan dalam spesifikasi karyawan pada perusahaan ini dimulai dari lulusan Sekolah Menengah Atas (SMA) hingga Magister (S-2). Penggolongan jabatan dan jenjang pendidikan yang disyaratkan dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. 2 Rincian Penggolongan Jabatan

Jabatan	Pendidikan
Direktur Utama	S2
Direktur	S2
Kepala Bagian	S1
Kepala Seksi	S1
Sekretaris	S1
Dokter	S1
Perawat	D3-S1
Karyawan dan Operator	D3-S1
Supir	Min SLTA
<i>Cleaning Service</i>	Min SLTA

Satpam	Min SLTA
--------	----------

Selain penggolongan jabatan, jumlah karyawan pada perusahaan juga harus diperhitungkan agar tanggung jawab pekerjaan dapat terpenuhi sesuai dengan jumlah

karyawan yang dibutuhkan, penentuan jumlah karyawan mempengaruhi keefektifan serta keefisienan pekerjaan yang dapat dilakukan oleh karyawan. Jumlah karyawan dapat dilihat pada tabel 4.3

Tabel 4. 3 Rincian Jumlah Karyawan

No	Jabatan	Jumlah
1	Diretur utama	1
2	Direktur Sumber Daya Manusia dan Umum	1
3	Direktur Keuangan dan Pemasaran	1
4	Direktur Teknik dan Poduksi	1
5	Ka. Bagian Adminstras dan Sumber Daya Manusia	1
6	Ka. Bagian Kesehatan, Keselamatan kerja dan Lingkungan	1
7	Ka. Bagian Umum dan Keamanan	1
8	Ka. Bagian Keuangan	1
9	Ka. Bagian Pemasaran	1
10	Ka. Bagian Proses dan Utilitas	1

11	Ka. Bagian Pemeliharaan listrik dan Instrumentasi	1
12	Ka. Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu	1
13	Ka, Sek. Personalia	1
14	Ka, Sek. Tata Usaha	1
15	Ka, Sek. Kesehatan, Keselamatan Kerja	1
16	Ka, Sek. Unit Pengolahan Limbah	1
17	Ka, Sek. Hubungan Masyarakat	1
18	Ka, Sek. Keamanan	1
19	Ka, Sek. Proses	1
20	Ka, Sek. Utilitas	1
21	Ka, Sek. Pemeliharaan dan Bengkel	1
22	Ka, Sek. Listrik dan Instrumentasi	1
23	Ka, Sek. Laboratorium dan Pengendalian Mutu	1
24	Ka, Sek. Penelitian dan Pengembangan	1
25	Karyawan Personalia	5
26	Karyawan Tata Usaha	5
27	Karyawan Kesehatan, Keselamatan Kerja	5
28	Karyawan Unit Pengolahan Limbah	5
29	Karyawan Hubungan Masyarakat	5
30	Karyawan Keamanan	10
31	Karyawan Proses	7

32	Karyawan Utilitas	4
33	Karyawan Pemeliharaan dan Bengkel	5
34	Karyawan Listrik dan Instrumentasi	5
35	Karyawan Laboratorium dan Pengendalian Mutu	5
36	Karyawan Penelitian dan Pengembangan	5
37	Operator	30
38	Sekretaris	3
39	Dokter	4
40	Perawat	6
41	Sopir	5
42	<i>Cleaning Service</i>	8
	Total	146

3. Sistem Penggajian

Sistem penggajian pada perusahaan ini dibagi atas 3 jenis, yaitu:

a. Gaji Bulanan

Merupakan gaji yang diberikan kepada karyawan tetap dengan jumlah sesuai peraturan perusahaan dan dibayarkan setiap awal bulan.

b. Gaji Harian

Merupakan gaji yang diberikan kepada karyawan tidak tetap seperti karyawan harian dan karyawan borongan.

c. Gaji Lembur

Merupakan gaji tambahan yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokok.

Tabel 4. 4 Gaji Karyawan Berdasarkan Jabatan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji per Orang/Bulan (Rp)	Jumlah Gaji per Bulan (Rp)
1	Diretur utama	1	40,000,000	40,000,000
2	Direktur Sumber Daya Manusia dan Umum	1	30,000,000	30,000,000
3	Direktur Keuangan dan Pemasaran	1	30,000,000	30,000,000
4	Direktur Teknik dan Poduksi	1	30,000,000	30,000,000
5	Ka. Bagian Administras dan Sumber Daya Manusia	1	15,000,000	15,000,000

6	Ka. Bagian Kesehatan, Keselamatan kerja dan Lingkungan	1	15,000,000	15,000,000
7	Ka. Bagian Umum dan Keamanan	1	15,000,000	15,000,000
8	Ka. Bagian Keuangan	1	15,000,000	15,000,000
9	Ka. Bagian Pemasaran	1	15,000,000	15,000,000
10	Ka. Bagian Proses dan Utilitas	1	15,000,000	15,000,000
11	Ka. Bagian Pemeliharaan listrik dan Instrumentasi	1	15,000,000	15,000,000
12	Ka. Bagian Penelitian, Pengembangan dan	1	15,000,000	15,000,000

	Pengendalian Mutu			
13	Ka. Sek. Personalia	1	10,000,000	10,000,000
14	Ka. Sek. Tata Usaha	1	10,000,000	10,000,000
15	Ka. Sek. Kesehatan, Ke.elamatan Kerja	1	10,000,000	10,000,000
16	Ka. Sek. Unit Pengolahan Limbah	1	10,000,000	10,000,000
17	Ka. Sek. Hubungan Masyarakat	1	10,000,000	10,000,000
18	Ka. Sek. Keamanan	1	10,000,000	10,000,000
19	Ka. Sek. Proses	1	10,000,000	10,000,000
20	Ka. Sek. Utilitas	1	10,000,000	10,000,000
21	Ka. Sek. Pemeliharaan	1	10,000,000	10,000,000

	dan Bengkel			
22	Ka. Sek. Listrik dan Instrumentasi	1	10,000,000	10,000,000
23	Ka. Sek. Laboratorium dan Pengendalian Mutu	1	10,000,000	10,000,000
24	Ka. Sek. Penelitian dan Pengembangan	1	10,000,000	10,000,000
25	Karyawan Personalia	5	6,000,000	30,000,000
26	Karyawan Tata Usaha	5	6,000,000	30,000,000
27	Karyawan Kesehatan, Keselamatan Kerja	5	6,000,000	30,000,000
28	Karyawan Unit Pengolahan Limbah	5	6,000,000	30,000,000

29	Karyawan Hubungan Masyarakat	5	6,000,000	30,000,000
30	Karyawan Keamanan	10	4,500,000	45,000,000
31	Karyawan Proses	7	6.500.000	45.500.000
32	Karyawan Utilitas	4	6.500.000	26.000.000
33	Karyawan Pemeliharaan dan Bengkel	5	6,000,000	30,000,000
34	Karyawan Listrik dan Instrumentasi	5	6,000,000	30,000,000
35	Karyawan Laboratorium dan Pengendalian Mutu	5	6,000,000	30,000,000
36	Karyawan Penelitian dan Pengembangan	5	6,000,000	30,000,000

37	Operator	30	6,000,000	180,000,000
38	Sekretaris	3	7,000,000	21,000,000
39	Dokter	4	10,000,000	40,000,000
40	Perawat	6	5,000,000	30,000,000
41	Sopir	5	4,500,000	22,500,000
42	<i>Cleaning Service</i>	8	4,500,000	36,000,000
Total		146		1,086,000,000

4.4.5. Pembagian Jam Kerja Karyawan

Pabrik biogasolin dari minyak jelantah ini direncanakan beroperasi selama 24 jam sehari pada 330 hari kerja dalam satu tahun. Sisa hari yang tidak termasuk hari libur digunakan untuk kegiatan perawatan (*maintenance*) alat, perbaikan alat, penggantian alat dan *shut down*. Berdasarkan statusnya karyawan dibedakan menjadi 2 golongan yaitu karyawan *shift* dan *non-shift*.

a. Karyawan *Shift*

Merupakan karyawan yang mengatur dan menangani langsung proses produksi, karena proses produksi berjalan selama 24 jam sehari maka diperlukan kerja rutin yang dilakukan secara bergiliran. Bagian proses harus selalu diperhatikan demi kelancaran, keamanan serta keselamatan

pabrik, oleh karena itu karyawan *shift* akan bekerja dalam waktu sehari semalam secara bergantian. Karyawan *shift* dibagi menjadi 4 regu dimana dalam sehari 3 regu akan menjalankan giliran *shift* dan 1 regu libur. Pembagian waktu kerja karyawan *shift* diatur sebagai berikut :

Shift 1 : pukul 07.00-15.00

Shift 2 : pukul 15.00-23.00

Shift 3 : pukul 23.00-07.00

Karyawan *shift* bekerja dengan sistem 3 hari kerja dan 1 hari libur, setiap grup *shift* bekerja selama 8 jam perhari dan mendapatkan 2 hari libur, pembagian *shift* tersebut juga diatur pada tempat-tempat khusus seperti bagian kewanan, kontrol proses, dan utilitas. Karena proses berlangsung secara terus-menerus maka pada hari Minggu dan hari libur besar seluruh karyawan *shift* yang mendapat giliran bekerja tidak libur, hal ini diatur demi kelancaran kegiatan proses produksi yang berlangsung. Namun, seluruh karyawan *shift* mendapat waktu cuti selama 12 hari setiap tahunnya. Jadwal *shift* karyawan *shift* dapat dilihat pada tabel 4.5

Tabel 4. 5 Jadwal *Shift* Karyawan

Regu	Hari														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	I	I	II	III	III			I	I	II	II	III	III	III	
B	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III			I
C	III	III			I	I	II	II	III	III			I	I	II
D			I	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III

Regu	Hari														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A		I	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III
B	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III		
C	II	III	III			I	I	II	II	III	III			I	I
D	III			I	I	II	II	III	III			I	I	II	II

Keterangan:

1,2,3 dst. : Hari ke-

A,B,C,D : Grup kerja



: Libur

b. Karyawan *Non-Shift*

Merupakan jajaran direksi, kepala bagian, serta jabatan-jabatan dibawahnya yang tidak mengatur dan menangani jalannya proses produksi secara langsung. Karyawan *non-shift* bekerja diluar area proses pabrik, golongan ini bekerja sesuai jam kantor seperti pada umumnya yaitu 5 hari kerja per minggu dan 2 hari libur, pembagian waktu kerja karyawan *non-shift* diatur sebagai berikut:

❖ Hari Senin –Kamis

Pukul 08.00–12.00 (jam kerja)

Pukul 12.00–13.00 (istirahat)

Pukul 13.00–16.00 (jam kerja)

❖ Hari Jumat

Pukul 07.00–12.00 (jam kerja)

Pukul 12.00–13.00 (istirahat)

Pukul 13.00–16.00 (jam kerja)

❖ Hari sabtu, minggu dan hari besar libur

4.4.6. Kesejahteraan Sosial Karyawan

Hak yang diberikan oleh perusahaan terkait ketenagakerjaan tertuang dalam peraturan perundang-undangan yang berlaku, hak tersebut diberikan untuk kepentingan kesejahteraan sosial karyawan yang meliputi:

1. Tunjangan

Tunjangan adalah tambahan pendapatan diluar gaji sebagai bantuan dari perusahaan dan merupakan bentuk apresiasi perusahaan atas kinerja karyawannya. Tunjangan untuk karyawan dapat dibedakan menjadi beberapa jenis sebagai berikut:

- a. Tunjangan gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.
- b. Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan.
- c. Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja di luar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja.

2. Hak Cuti

Perusahaan wajib memberikan waktu cuti kepada karyawannya berdasarkan Pasal 79 Undang-undang Cipta Kerja tahun 2020, karyawan berhak atas cuti sekurang-kurangnya 12 hari kerja setelah pekerja/buruh yang bersangkutan bekerja selama 1 tahun, bila satu tahun hak cuti tersebut tidak dipergunakan maka hak cuti tersebut akan hangus

pada tahun tersebut. Adapun cuti sakit diberikaan kepada karyawan yang menderita sakit berdasarkan surat keterangan dari dokter.

3. Hari Libur Nasional

Hari libur nasional merupakan hari libur yang ditetapkan oleh pemerintah berdasarkan pasal 26 ayat (2) PP No. 35 tahun 2021. Hari libur nasional dihitung sebagai hari libur bagi karyawan *non-shift*, sedangkan bagi karyawan *shift* hari libur nasional dihitung sebagai waktu lebur (*overtime*).

4. Fasilitas Karyawan

Untuk menunjang produktivitas karyawan perusahaan memberikan beberapa fasilitas pendukung untuk menjaga kondisi jasmani dan rohani karyawan tetap terjaga agar kegiatan dalam perusahaan dapat berjalan dengan lancar.

Fasilitas tersebut meliputi :

a. Poliklinik

Kesehatan karyawan menjadi faktor penting untuk kelancaran kerja karyawan, oleh karena itu fasilitas poliklinik sangat dibutuhkan dalam perusahaan untuk memelihara kondisi kesehatan karyawan dengan mengadakan pelayanan pengobatan bagi karyawan yang membutuhkan, layanan poliklinik ditangani oleh seorang dokter dan perawat.

b. Tempat Ibadah

Tempat ibadah merupakan sarana penting bagi pemeluk agama disuatu tempat. Tempat ibadah dalam perusahaan digunakan untuk memenuhi kebutuhan rohani para karyawan, tempat ibadah yang disediakan perusahaan berupa masjid.



d. Pakaian Kerja

Pakaian kerja atau seragam merupakan identitas suatu perusahaan, seragam kerja dapat menaikkan kredibilitas suatu perusahaan hingga memberi kebanggaan kepada pekerja. Selain itu seragam kerja dapat berfungsi sebagai Alat Pelindung Diri (APD) yang disesuaikan dengan standar keamanan perusahaan. Perusahaan memfasilitasi tiga pasang pakaian kerja setiap tahunnya.

e. Makan dan Minum

Fasilitas Makan dan Minum disediakan perusahaan pada jam istirahat siang. Makan dan minum yang diberikan oleh perusahaan dikelola oleh perusahaan penyedia makan dan minum (*catering*) yang ditunjuk perusahaan.

f. Transportasi

Fasilitas transportasi digunakan untuk memberikan layanan akses menuju tempat bekerja yang lebih mudah, fasilitas transportasi yang disediakan berupa *shuttle bus* yang akan beroperasi di beberapa titik tempat tinggal karyawan untuk mengantar dan

menjemput karyawan saat akan berangkat dan pulang bekerja.

5. Jaminan Ketenagakerjaan

Jaminan ketenagakerjaan adalah fasilitas asuransi yang ditujukan bagi karyawan pada suatu perusahaan. Jaminan ketenagakerjaan mencakup asuransi Kesehatan, asuransi kecelakaan kerja, asuransi jiwa, hingga dana pensiun. Jaminan ketenagakerjaan dikelola oleh Badan Penyelenggara Jaminan Sosial Tenaga Kerja (JAMSOSTEK).

BAB V

UTILITAS

Unit pendukung proses atau sering disebut unit utilitas merupakan bagian penting yang menunjang berlangsungnya suatu proses dalam suatu pabrik. Unit pendukung proses antara lain: unit penyediaan air (air proses, air pendingin, air sanitasi, air umpan boiler dan air untuk perkantoran dan perumahan), *steam*, listrik dan pengadaan bahan bakar.

Unit pendukung proses yang dibutuhkan pada pra rancangan pabrik ini antara lain meliputi :

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air
2. Unit Penyediaan *Steam*
3. Unit Penyediaan *Dowtherm*
4. Unit Penyediaan Listrik
5. Unit Penyediaan Udara Bertekanan
6. Unit Penyediaan Bahan Bakar
7. Unit Pengolahan Limbah

5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Supply Section*)

1. Unit Penyediaan Air

Unit penyediaan air merupakan salah satu unit utilitas yang bertugas menyediakan air untuk kebutuhan industri maupun rumah tangga. Unit ini sangat berpengaruh dalam kelancaran produksi dari awal hingga akhir proses. Dalam memenuhi kebutuhan air suatu pabrik pada umumnya

menggunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut yang sebagai sumbernya. Dalam perancangan pabrik ini, sumber air baku yang digunakan berasal dari air sungai Bengawan Solo yang terletak di Kabupaten Gresik.

Air sungai Bengawan Solo masih mengandung pasir, mineral-mineral, ion-ion, dan kotoran yang harus diolah terlebih dahulu sebelum digunakan. Pengolahan air ini bertujuan untuk menjaga alat-alat proses agar tidak cepat rusak serta menjaga adanya kontaminan yang akan menyebabkan reaksi antara reaktan-reaktan yang terdapat dalam proses. Pertimbangan menggunakan air sungai sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah :

- a. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya tinggi, sehingga persediaan air tercukupi.
- b. Letak sungai berada didekat lokasi pabrik.
- c. Jumlah persediaan air sungai lebih banyak dibandingkan dengan air sumur.
- d. Air sungai relatif lebih mudah dalam pengolahannya, sederhana, dan biayanya lebih murah dibandingkan dengan pengolahan air laut.

Air yang berada dalam lingkungan pabrik, digunakan untuk :

- a. Air untuk proses

Hal-hal yang diperhatikan dalam air proses antara lain :

- i. Kesadahan (*hardness*) yang dapat menyebabkan kerak
- ii. Oksigen yang dapat menimbulkan korosi

iii. Minyak yang dapat menyebabkan terbentuknya lapisan film yang mengakibatkan terganggunya koefisien transfer panas serta menimbulkan endapan.

b. Air pendingin

Pada umumnya, ada beberapa faktor yang menyebabkan air digunakan sebagai media pendingin, yaitu:

- i. Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah yang besar.
- ii. Mudah dalam pengaturan dan pengolahannya.
- iii. Dapat menyerap sejumlah panas per satuan volume yang tinggi dan tidak terdekomposisi.
- iv. Tidak mengalami penyusutan yang berarti dalam Batasan dengan adanya temperature pendinginan.

c. Air boiler

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan boiler adalah :

- i. Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi,
Korosi disebabkan air mengandung larutan-larutan asam, gas-gasterlarut seperti O_2 , CO_2 , H_2S yang masuk ke badan air.
- ii. Zat yang dapat menyebabkan kerak (*scale reforming*)
Pembentukan kerak disebabkan karena adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silikat.

iii. Zat yang menyebabkan *foaming* dan *priming*

Foaming adalah terbentuknya gelembung atau busa dipermukaan air dan keluar bersama *steam*. Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foaming* pada boiler karena adanya zat-zat organik dan anorganik dalam jumlah cukup besar. Efek pembusaan terjadi pada alkalinitas tinggi. Sedangkan, *Priming* adalah adanya tetes air dalam *steam* (buih dankabut) yang menurunkan efisiensi energi *steam* dan pada akhirnya menghasilkan deposit kristal garam.

Priming dapat disebabkan oleh konstruksi boiler yang kurang baik, kecepatan alir yang berlebihan atau fluktuasi tiba-tiba dalam aliran.

d. Air sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk keperluan kantor dan rumah tangga perusahaan, yaitu air minum, laboratorium, dan lain-lain. Air sanitasi

yang digunakan harus memenuhi syarat-syarat tertentu, antara lain:

Syarat fisik :

1. Suhu normal dibawah suhu udara luar
2. Warna jernih
3. Tidak berasa
4. Tidak berbau

Syarat bakteriologis :

Tidak mengandung bakteri-bakteri, terutama bakteri patogen, seperti *Salmonella*, *Pseudomonas*, *Escherichia coli*.

2. Unit Pengolahan Air

Kebutuhan air pabrik diperoleh dari air sungai dengan mengolah terlebih dahulu agar memenuhi syarat untuk digunakan. Pengolahan dapat meliputi secara fisik dan kimia. Adapun tahapan-tahapan pengolahan air adalah sebagai berikut :

a. Penyaringan Awal

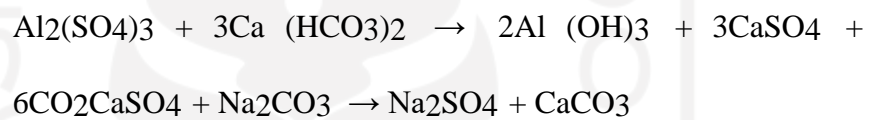
Sebelum mengalami proses pengolahan, air dari sungai harus mengalami pembersihan awal agar proses selanjutnya dapat berlangsung dengan lancar. Air sungai dilakukan penyaringan terlebih dahulu agar kandungan padatan seperti sampah, plastik, daun, sampah dan lainnya yang terbawa oleh air dapat terpisah. Kemudian dialirkan ke bak pengendap.

b. Bak Pengendap

Air sungai setelah melalui *filter* dialirkan ke bak pengendap awal. Untuk mengendapkan lumpur dan kotoran air sungai yang tidak lolos dari penyaring awal. Kemudian dialirkan ke bak pengendap yang dilengkapi dengan pengaduk.

c. Bak Pencampur Cepat

Air setelah melalui bak pengendap awal kemudian dialirkan ke bak pencampur cepat untuk menggumpalkan koloid-koloid tersuspensi dalam cairan (larutan) yang tidak mengendap di bak pengendap dengan cara menambahkan senyawa kimia. Umumnya flokulan yang biasa digunakan adalah tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) dan Na_2CO_3 . Adapun reaksi yang terjadi dalam bak pencampur cepat adalah:



d. Clarifier

Air setelah melewati bak pencampur cepat dialirkan ke *clarifier* untuk memisahkan atau mengendapkan gumpalan-gumpalan dari bak pencampur cepat. Air baku yang telah dialirkan ke dalam *clarifier* yang alirannya telah diatur ini akan diaduk dengan pengaduk lambat *rake*. Air keluar *clarifier* dari bagian pinggir secara *overflow* sedangkan *sludge* (flok) yang terbentuk akan mengendap secara gravitasi dan di *blow down* secara berkala dalam waktu yang telah ditentukan. Terjadi pemisahan antara air jernih dan gumpalan yang mengendap di bagian bawah *clarifier*. Air jernih dialirkan lewat limpahan *clarifier*, gumpalan yang

mengendap digaruk agar terkumpul dibagian tengah sehingga dapat di sedot keluar.

e. Bak Penyaring/ *sand filter*

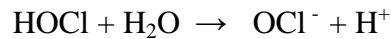
Air setelah keluar dari *clarifier* dialirkan ke bak saringan pasir, dengan tujuan untuk menyaring partikel-partikel halus yang masih lolos atau yang masih terdapat dalam air dan belum terendapkan. Dengan menggunakan *sand filter* yang terdiri dari antrasit, pasir, dan kerikil sebagai media penyaring.

f. Bak Air Bersih

Air setelah keluar dari bak penyaring dialirkan ke bak air bersih dan di injeksi dengan Klorin Cl_2 sebagai oksidator dan desinfektan. Sebagai oksidator, klorin digunakan untuk menghilangkan bau dan rasa pada pengolahan air bersih. Sebagai desinfektan, klorin untuk membunuh kumandan mikroorganisme seperti amuba, ganggang dan lain-lain yang terkandung dalam air sehingga aman untuk dikonsumsi. Klorin adalah zat kimia yang sering dipakai karena harganya murah dan masih mempunyai daya desinfeksi sampai beberapa jam setelah pembubuhannya. Klorin dalam air membentuk asam hipo klorit, reaksinya adalah sebagai berikut:



Selanjutnya, asam hipo klorit pecah sesuai reaksi berikut:



Kemudian air dialirkan menuju Tangki Deklorinasi.

g. Tangki Deklorinasi

Tangki Deklorinasi berfungsi untuk menghilangkan klorin (Cl_2). Karena penambahan klorin dalam bentuk gas akan menyebabkan turunnya pH air, dan terjadi pembentukan asam kuat. Klorin juga memiliki sifat yang sangat beracun yang dapat merusak kesehatan. Setelah klorin hilang, air dapat di distribusikan sebagai air perumahan atau perkantoran, air umpan *boiler*, air pendingin dan sebagai air proses.

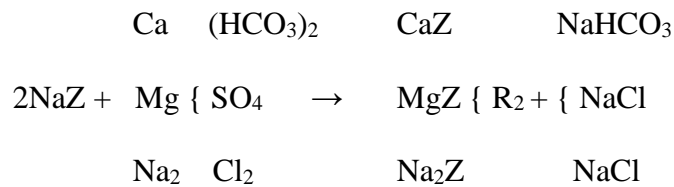
2.1. Bak air rumah tangga

Tangki air bersih ini fungsinya untuk menampung air bersih yang telah diproses. Dimana air bersih ini digunakan untuk keperluan air minum dan perkantoran.

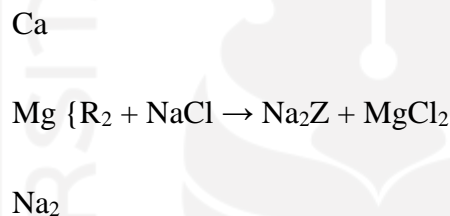
a. Tangki *Kation Exchanger*

Air dari bak air bersih berfungsi sebagai *make up boiler*, selanjutnya air diumpankan ke tangki *cation exchanger*. Tangki ini berisi resin pengganti kation-kation yang terkandung dalam air diganti ion + sehingga air yang akan keluar dari *cation exchanger* adalah air yang mengandung ion –

Adapun reaksinya adalah sebagai berikut :



Dalam jangka waktu tertentu, kation resin ini akan jenuh sehingga perlu di regenerasi Kembali dengan natrium klorida (NaCl). Adapun reaskinya adalah sebagai berikut :

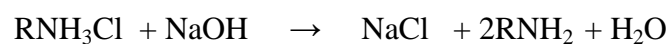


b. Tangki *Anion Exchanger*

Air yang keluar dari tangki *kation exchanger* kemudian diumpankan ke tangki *anion exchanger*. Tangki ini berfungsi untuk mengikat ion-ion negatif (anion) yang terlarut dalam air dengan resin yang bersifat basa, sehingga anion-anion seperti CO_3^{2-} , Cl^- , dan SO_4^{2-} akan terikat dengan resin. Adapun reaksinya adalah sebagai berikut :



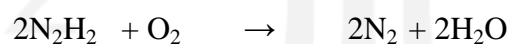
Dalam waktu tertentu, anion resin ini akan jenuh, sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan larutan NaOH. Adapun reaksinya adalah sebagai berikut :



Sebelum masuk *boiler* air diproses dalam unit tangki umpan *boiler* dan unit pendingin.

c. Unit Tangki Umpan *Boiler*

Tangki Umpan *Boiler* adalah proses pembebasan air umpan *boiler* dari gas-gas yang dapat menimbulkan korosi pada *boiler* seperti oksigen (O₂) dan karbondioksida (CO₂). Air yang telah mengalami *demineralisasi* (*kation exchanger* dan *anion exchanger*) dipompakan menuju tangki umpan *boiler*. Pada pengolahan air untuk *boiler* tidak boleh mengandung gas terlarut dan padatan terlarut, terutama yang dapat menimbulkan korosi. Unit ini berfungsi menghilangkan gas O₂ dan CO₂ yang dapat menimbulkan korosi. Di dalam tangki umpan *boiler* di injeksikan bahan kimia berupa *hidrazin* (N₂H₂) yang berfungsi untuk mengikat oksigen berdasarkan reaksi :



Sehingga dapat mencegah terjadinya korosi pada *tube boiler*. Air yang keluar dari tangki umpan *boiler* dialirkan dengan pompa sebagai air umpan *boiler* (*boiler feed water*).

2.2. Bak Air Pendingin

Pendingin yang digunakan dalam proses sehari-hari berasal dari air yang telah digunakan dalam pabrik kemudian didinginkan dalam *cooling tower*. Kehilangan air karena penguapan, terbawa udara maupun

dilakukannya *blow down* di *cooling tower* diganti dengan air yang disediakan di bak air bersih.

2.3. Tangki Kondesat

Berfungsi untuk menampung kondensat uap air dari alat proses dan *makeup* umpan *boiler*.

2.4. Kebutuhan Air

a. Kebutuhan air pendingin

Tabel 5. 1 Kebutuhan air pendingin

Nama Alat	Jumlah (kg/jam)
Kondensor (CDP-01)	39,995
Kondensor (CD-01)	18,095
Pendingin (CL-01)	6,068
Pendingin (CL-02)	59,909
Pendingin (CL-03)	7,236
Pendingin (CL-04)	1,757
Pendingin (CL-05)	16,139
Pendingin (CL-06)	40,401
Total	186,605

b. Kebutuhan air *steam*

Tabel 5. 2 Kebutuhan air *steam*

Nama Alat	Jumlah (kg/jam)
<i>Waste Heat Boiler</i>	2,313
<i>Heat Exchanger</i>	1,316
Total	3,629

c. Kebutuhan air *domestic*

Kebutuhan air total = 912,5 kg/jam

5.2 Unit Pembangkit *Steam*

Air dari tangki umpan *boiler* diumpankan ke *boiler* untuk membangkitkan *steam*. Unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan *steam* pada proses produksi, yaitu dengan menyediakan ketel uap (*boiler*) dengan kebutuhan *steam* 3,629 kg/jam.

Steam yang berasal dari *boiler* digunakan sebagai media pemanas yang hasilnya berupa uap dan dimasukkan ke alat *heat exchanger* untuk memanaskan, kemudian hasilnya yang berupa embunan dimasukkan ke dalam Tangki Kondensat dan di umpankan kembali ke dalam Tangki Umpan *Boiler*.

5.3 Unit penyedia *Dowtherm*

Unit ini berfungsi sebagai penyedia *dowtherm* yang digunakan sebagai media pendingin pada reaktor dan sebagai media pemanas pada *reboiler* dan *heat exchanger-02*. Dimana *dowtherm* yang digunakan merupakan *dowtherm A* dengan pertimbangan bahwa jenis *dowtherm* ini mampu bekerja pada suhu yang tinggi sehingga lebih efektif jika dibandingkan dengan penggunaan air pendingin biasa. *Dowtherm A* terdiri dari senyawa dipenil eter dan bipenil eter yang dapat digunakan dalam fase cair dan uap dengan kisaran aplikasi pada rentang 15-400 °C dan tekanan 1-10,6 bar. Jumlah *dowtherm* pada media pendingin adalah sebesar 30,000 kg/jam dan jumlah *dowtherm* pada media pendingin adalah sebesar 32,389 kg/jam diperoleh dari PT. Samiraschem Indonesia, Jakarta Timur.

5.4 Unit Pembangkit Listrik

Unit ini bertugas untuk menyediakan kebutuhan listrik yang meliputi :

1. Kebutuhan *plant* (Alat proses dan utilitas) = 392.06 kW
2. Lab, perkantoran dll = 7500 kW

Total kebutuhan listrik adalah 7892.05 kW

Kebutuhan listrik dipenuhi dari PLN dan generator sebagai cadangannya dengan daya 8000 kW

5.5 Unit Penyediaan Udara Tekan

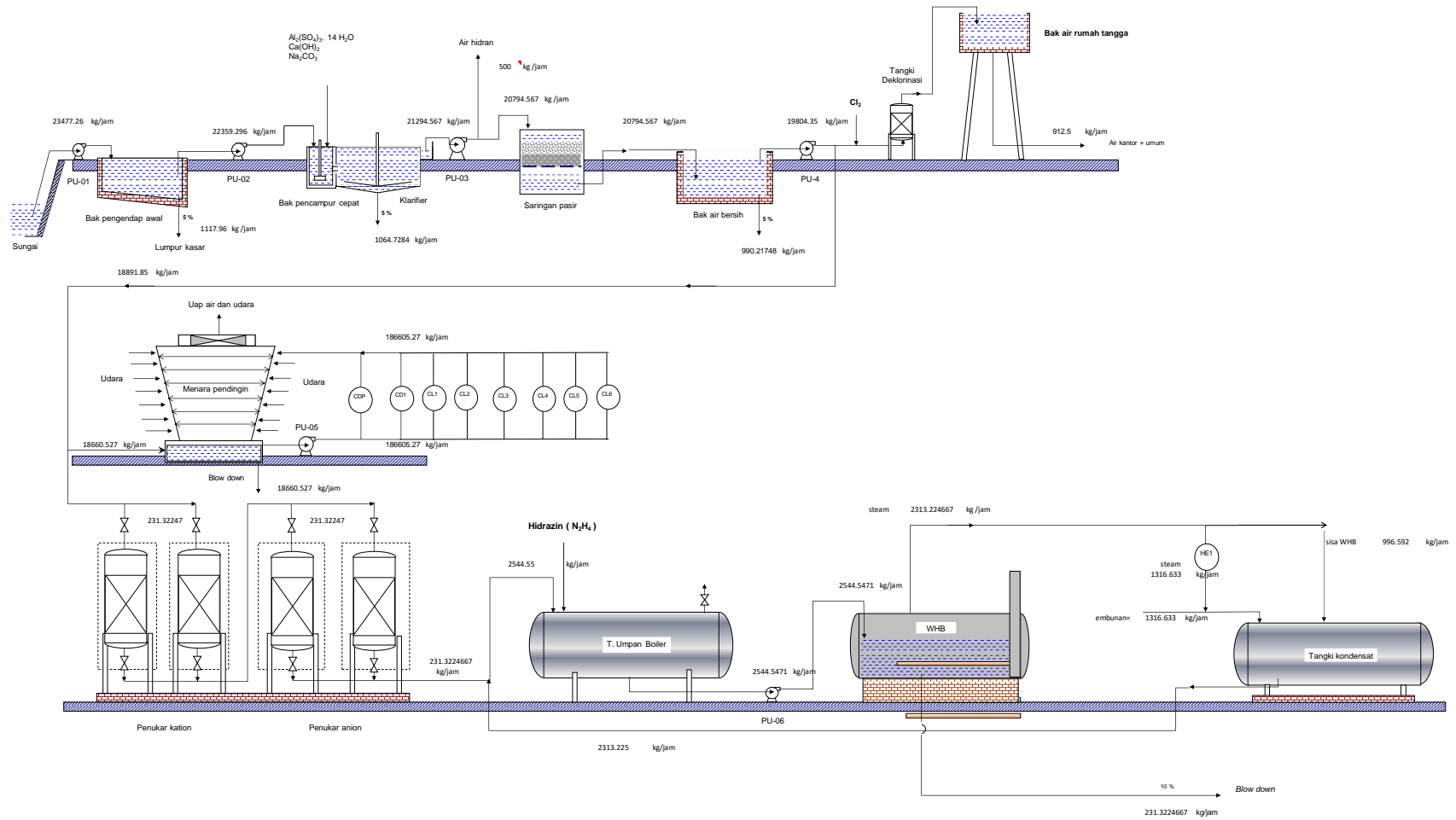
Udara tekan diperlukan untuk pemakaian alat *pneumatic control*.

Total kebutuhan udara tekan diperkirakan 2 m³/jam.

5.6 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Bahan bakar digunakan untuk keperluan pembakaran pada *boiler*, diesel untuk generator pembangkit listrik. Bahan bakar *boiler* menggunakan *fuel oil* yang disuplai dari PT. PERTAMINA (Persero) dengan total langsung sebanyak 262,187.63 liter/jam.





Gambar 5. 1 Diagram Alir Proses Pengolahan Air

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

6.1. Evaluasi Ekonomi

Dalam pra rancangan pabrik perlu dilakukan analisis ekonomi untuk memperkirakan kelayakan investasi modal pada pabrik yang akan dibangun, dari analisis ekonomi yang dilakukan dapat diketahui apakah pabrik yang akan didirikan tersebut secara ekonomis menguntungkan atau tidak dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Faktor-faktor yang ditinjau dalam analisis ekonomi ini diantaranya adalah:

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

Sebelum menganalisa faktor-faktor tersebut perlu dilakukan perkiraan terhadap beberapa biaya sebagai berikut:

1. Penentuan modal industri (*Total Capital Investment*) yang meliputi :
 - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)

2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*) yang meliputi :
 - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)
3. Pendapatan modal

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap :

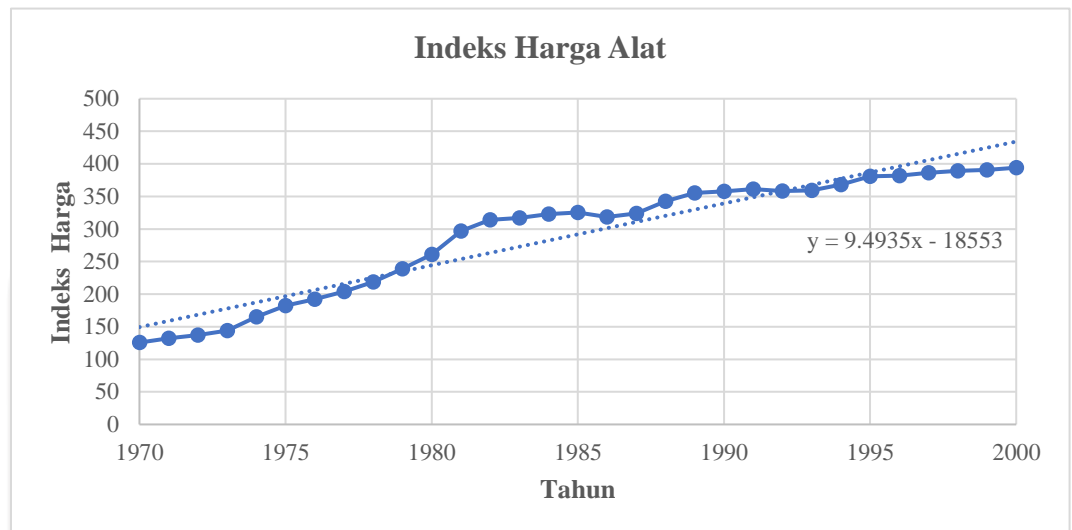
 - a. Biaya tetap (*Fixed Cost*)
 - b. Biaya variable (*Variable Cost*)
 - c. Biaya mengambang (*Regulated Cost*)

6.2. Penaksiran Harga Alat

Harga peralatan dapat berubah setiap saat, hal ini dipengaruhi oleh kondisi ekonomi pada saat itu sehingga dalam menentukan harga alat yang pasti setiap tahunnya tidaklah mudah. Oleh karena itu dalam penentuan harga alat perlu dilakukan perkiraan terhadap harga alat pada tahun tertentu dengan menganalisis index harga peralatan operasi pada tahun tersebut.

Dalam evaluasi ekonomi terhadap harga peralatan maupun harga lainnya perlu dilakukan penyesuaian terhadap tahun yang akan dianalisa. Untuk mencari harga peralatan pada tahun yang diinginkan perlu diketahui nilai index harga peralatan pada tahun tersebut dengan menggunakan persamaan regresi linier. Harga index pada tahun 2027 dapat diperkirakan

dengan menggunakan data index dari tahun-tahun sebelumnya. Pada analisis ini digunakan data indeks harga dari tahun 1980 sampai 2000



didapatkan dari chemengonline.com/pci yang kemudian dicari dengan menggunakan metode regresi linier. Grafik hubungan antara tahun dan index harga dapat dilihat pada gambar 6.1

Gambar 6. 1 Grafik Hubungan antara Tahun dan Index Harga

Dengan asumsi kenaikan indeks linear, berdasarkan data di atas maka didapatkan persamaan berikut:

$$y = 9,4935x - 18553$$

Dimana:

y = indeks harga

x = tahun pembelian

Dari persamaan di atas didapat harga indeks pada tahun 2027 adalah 690.324. Harga alat pada tahun pabrik didirikan dapat ditentukan

berdasarkan harga padatahun referensi dikalikan dengan rasio index harga (Aries dan Newton, 1955).

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

Dimana :

Ex: Harga pembelian pada tahun ke 2027

Ey: Harga pembelian pada tahun referensi

Nx: Indeks harga pada tahun ke 2027

Ny: Indeks harga pada tahun referensi

6.3. Dasar Perhitungan

Kapasitas Pabrik	= 15000 Ton/Tahun
Satu tahun operasi	= 330 Hari
Umur pabrik	= 10 Tahun
Pabrik didirikan pada tahun	= 2027
Kurs mata uang	= 1 US\$ = Rp Rp15,366.85

6.4. Perhitungan Biaya

1. *Capital Investment*

Capital Investment adalah banyaknya pengeluaran-pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya.

Capital investment terdiri dari :

a. *Fixed Capital Investment*

Fixed Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik.

b. Working Capital Investment

Working Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

2. Manufacturing Cost

Manufacturing Cost merupakan jumlah *Direct*, *Indirect* dan *Fixed Manufacturing Cost*, yang bersangkutan dalam pembuatan produk.

Menurut Aries & Newton tabel 23, *Manufacturing Cost* meliputi:

a. Direct Cost

Direct Cost adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

b. Indirect Cost

Indirect Cost adalah pengeluaran-pengeluaran sebagai akibat tidaklangsung karena operasi pabrik.

c. Fixed Cost

Fixed Cost adalah biaya-biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

3. *General Expense*

General Expense atau pengeluaran umum meliputi pengeluaran-pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk *Manufacturing Cost*.

6.5. Analisa Kelayakan

Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial atau tidak, maka dilakukan suatu analisa atau evaluasi kelayakan. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan adalah :

1. *Percent Return On Investment (ROI)*

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

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

Keuntungan di hitung berdasarkan penjualan tahunan atau annual sales (S_a) dan total manufacturing cost. Finance akan dihitung sebagai komponen yang berisi pengembalian hutang selama pembangunan pabrik. Finance akan berkontribusi terhadap cash flow dari pabrik. Pabrik dengan resiko yang cenderung rendah mempunyai minimum *ROI before tax* sebesar 11% sedangkan pabrik dengan resiko tinggi mempunyai nilai minimum *ROI before tax* sebesar 44%.

2. *Pay Out Time (POT)*

Pay Out Time (POT) adalah:

- a. 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.
- b. Waktu minimum teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan.
- c. Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.
- d. Pabrik dengan resiko rendah mempunyai nilai POT maksimal 5 tahun, sedangkan pabrik dengan resiko tinggi mempunyai nilai POT maksimal 2 tahun.

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{profit} + \text{despresiasi}}$$

3. *Break Even Point (BEP)*

Break Even Point (BEP) adalah:

- a. Titik impas produksi (suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian).

- b. Titik yang menunjukkan pada tingkat berapa biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan BEP kita dapat menentukan harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga serta unit penjualan yang harus dicapai agar mendapat keuntungan.
- c. Kapasitas produksi pada saat *sales* sama dengan *total cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi di bawah BEP dan akan untung jika beroperasi di atas BEP
- d. Nilai BEP pada umumnya memiliki nilai berkisar 40% - 60%

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

Dalam hal ini :

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. *Shut Down Point (SDP)*

- a. 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).

- b. Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus berhenti beroperasi atau tutup.
- c. Level produksi di mana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Cost*.
- d. Merupakan titik produksi dimana pabrik mengalami kebangkrutan sehingga pabrik harus berhenti atau tutup.

(0,3 Ra)

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

5. *Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR)*

Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR) adalah:

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.

Persamaan untuk menentukan DCFRR :

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

Dimana:

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

6.6. Hasil Perhitungan

Pendirian pabrik Biogasolin ini memerlukan perencanaan keuangan dan analisis yang baik untuk meninjau apakah pabrik ini layak untuk didirikan atau tidak. Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 6.1 sampai dengan Tabel 6.13

Tabel 6. 1 *Physical Plant Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Purchased Equipment Cost</i>	197,658,648,199	12,862,665
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	49,414,662,050	3,215,666
3	<i>Installation Cost</i>	32,725,490,173	2,129,616
4	<i>Piping Cost</i>	109,551,876,312	7,129,104
5	<i>Instrumentation Cost</i>	49,497,395,356	3,221,050
6	<i>Insulation Cost</i>	7,645,859,270	497,555
7	<i>Electrical Cost</i>	29,648,797,230	1,929,400
8	<i>Building Cost</i>	69,372,627,319	4,514,434
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	8,153,003,373	530,558
<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>		553,668,359,280	36,030,049

Tabel 6. 2 *Direct Plant Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Engineering and Construction</i>	110,733,671,856	7,206,010
Total DPC + PPC		664,402,031,136	43,236,059

Tabel 6. 3 *Fixed Capital Investment*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Total DPC + PPC	664,402,031,136	43,236,059
2	<i>Contractor's Fee</i>	53,152,162,491	3,458,885
3	<i>Contingency</i>	99,660,304,670	6,485,409
<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>		817,214,498,298	53,180,352

Tabel 6. 4 *Direct Manufacturing Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	1,162,836,032,339	75,671,724
2	<i>Labor Cost</i>	14,712,000,000	957,386
3	<i>Supervisory Cost</i>	1,765,440,000	114,886
4	<i>Maintenance Cost</i>	16,344,289,966	1,063,607
5	<i>Plant Supplies Cost</i>	2,451,643,495	159,541
6	<i>Royalty and Patents Cost</i>	69,135,669,511	4,499,014
7	<i>Utilities Cost</i>	89,057,084,176	5,795,403
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>		1,356,302,159,487	88,261,560

Tabel 6. 5 *Indirect Manufacturing Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	2,206,800,000	143,608
2	<i>Laboratory</i>	1,471,200,000	95,739
3	<i>Plant Overhead</i>	8,827,200,000	574,431

4	<i>Packaging & Shipping</i>	115,226,115,852	7,498,356
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>		127,731,315,852	8,312,134

Tabel 6. 6 *Fixed Manufacturing Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	73,549,304,847	4,786,232
2	<i>Property Taxes</i>	16,344,289,966	1,063,607
3	<i>Insurance</i>	8,172,144,983	531,804
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>		98,065,739,796	6,381,642

Tabel 6. 7 *Manufacturing Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	1,356,302,159,487	88,261,560
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	127,731,315,852	8,312,134
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	98,065,739,796	6,381,642
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>		1,582,099,215,135	102,955,337

Tabel 6. 8 *Working Capital*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	24,666,218,868	1,605,158
2	<i>In Process Inventory</i>	2,397,120,023	155,993
3	<i>Product Inventory</i>	33,559,680,321	2,183,901
4	<i>Extended Credit</i>	48,883,806,725	3,181,121
5	<i>Available Cash</i>	143,827,201,376	9,359,576
<i>Working Capital (WC)</i>		253,334,027,313	16,485,749

Tabel 6. 9 *General Expenses*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Administration</i>	47,462,976,454	3,088,660
2	<i>Sales Expense</i>	237,314,882,270	15,443,300
3	<i>Research</i>	79,104,960,757	5,147,767
4	<i>Finance</i>	21,410,970,512	1,393,322
<i>General Expenses (GE)</i>		385,293,789,993	25,073,049

Tabel 6. 10 *Total Production Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	1,582,099,215,135	102,955,337
2	<i>General Expenses (GE)</i>	385,293,789,993	25,073,049
<i>Total Production Cost (TPC)</i>		1,967,393,005,128	128,028,386

Tabel 6. 11 *Fixed Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	73,549,304,847	4,786,232
2	<i>Property Taxes</i>	16,344,289,966	1,063,607
3	<i>Ansurance</i>	8,172,144,983	531,804
<i>Fixed Cost (Fa)</i>		98,065,739,796	6,381,642

Tabel 6. 12 *Variable Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	1,162,836,032,339	75,671,724
2	<i>Packaging & Shipping</i>	115,226,115,852	7,498,356
3	<i>Utilities</i>	89,057,084,176	5,795,403
4	<i>Royalty & Patent</i>	69,135,669,511	4,499,014
<i>Variabel Cost (Va)</i>		1,436,254,901,878	93,464,497

Tabel 6. 13 *Regulated Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Labor Cost</i>	14,712,000,000	957,386
2	<i>Payroll Overhead</i>	2,206,800,000	143,608
3	<i>Supervision</i>	1,765,440,000	114,886
4	<i>Plant Overhead</i>	8,827,200,000	574,431
5	<i>Laboratory</i>	1,471,200,000	95,739

6	<i>General Expense</i>	385,293,789,993	25,073,049
7	<i>Maintenance</i>	16,344,289,966	1,063,607
8	<i>Plant Supplies</i>	2,451,643,495	159,541
<i>Regulated Cost (Ra)</i>		433,072,363,454	28,182,247

6.7. Hasil Analisa Keuntungan

Total penjualan	= Rp 2,304,522,317,030 /tahun
Total <i>production cost</i>	= Rp 1,967,393,005,128 /tahun
Keuntungan sebelum pajak	= Rp 337,129,311,902 /tahun
Pajak pendapatan	= Rp 67,425,862,380 /tahun
Keuntungan setelah pajak	= Rp 269,703,449,522 /tahun

6.8. Hasil Kelayakan Ekonomi

a. *Return On Investment*

$$ROI a = \frac{\text{Keuntungan Sesudah Pajak} \times 100\%}{\text{Fixed Capital}}$$

ROI sebelum pajak = 41,25%

$$ROI b = \frac{\text{Keuntungan Sebelum Pajak} \times 100\%}{\text{Fixed Capital}}$$

ROI setelah pajak = 33,00%

b. Pay Out Time (POT)

$$POT\ b = \frac{\text{Fixed Capital}}{\text{Keuntungan Sebelum Pajak} + \text{Depresiasi}}$$

POT b = 1,9 Tahun

$$POT\ a = \frac{\text{Fixed Capital}}{\text{Keuntungan Sesudah Pajak} + \text{Depresiasi}}$$

POT a = 2,3 Tahun

c. Break Event Point (BEP)

$$BEP = \frac{F_a + 0,3R_a}{S_a - V_a - 0,7R_a} \times 100\%$$

BEP = 40,34%

d. Shut Down Point (SDP)

$$SDP = \frac{0,3R_a}{S_a - V_a - 0,7R_a} \times 100\%$$

SDP = 22,9%

e. Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)

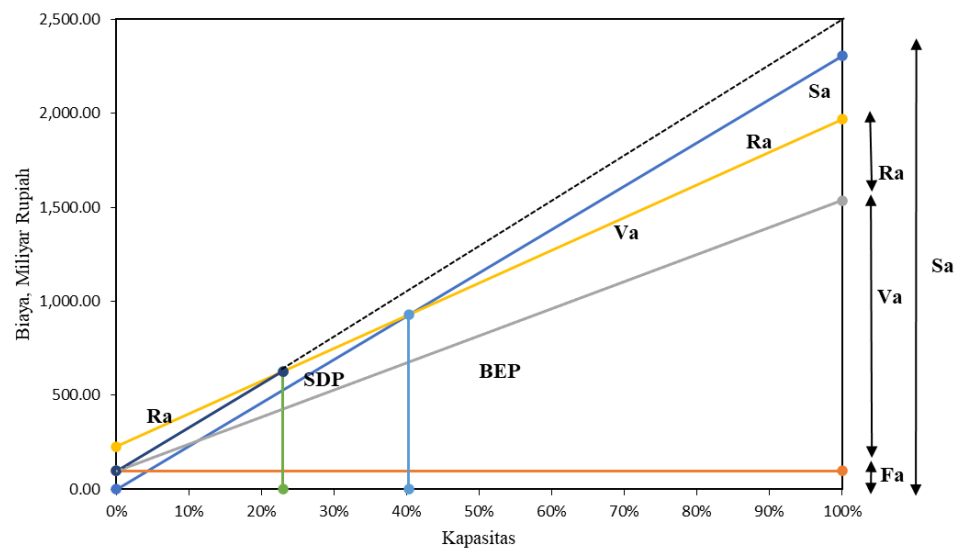
n=n-1

$$(FC + WC)(1 + i)^n = \sum (1 + i)^n + WC + SV$$

n=0

Umur pabrik = 10 tahun

Fixed capital investment (FC) = Rp 817,214,498,298
Working capital (WC) = Rp 253,334,027,312
Salvage (SV) = Rp 73,549,304,847
Cash flow (C) = Rp 364,663,724,881
 DFCR = 35,21%



Gambar 6. 2 Grafik Break Even Point

6.9. Analisa Resiko Pabrik

Untuk mendirikan sebuah pabrik, resiko pabrik perlu diperhatikan apakah pabrik tersebut beresiko rendah (*low risk*) atau beresiko tinggi (*highrisk*). Adapun parameter – parameter untuk

menentukan pabrik aseton yang akan berdiri termasuk pabrik beresiko rendah (*low risk*) atau beresiko tinggi (*high risk*). Berikut parameter yang dilihat :

1. Kondisi Operasi

a. Suhu Operasi

Terdapat 2 alat proses yang memiliki suhu tinggi sebesar 450°C yaitu pada alat *Furnace* (F-01) dan Reaktor (R-01)

b. Tekanan Operasi

Alat proses beroperasi dalam tekanan 1 - 4 atm, tekanan tertinggi terdapat pada alat Kompresor (K-01) yaitu sebesar 4 atm.

2. Karakteristik Bahan Baku dan Produk

a. Bahan Baku

Minyak Jelantah merupakan minyak bekas penggorengan yang sudah dipakai lebih dari 2 kali, minyak jelantah merupakan senyawa organik yang tidak berbahaya jika disimpan pada suhu dan tekanan atmosferik.

Gas Hidrogen adalah unsur murni dengan massa atom 1,007 pada suhu dan tekanan standar gas Hidrogen tidak berwarna dan berbau, untuk

mendeteksi kebocoran gas hidrogen diperlukan alat berupa sensor gas. Gas Hidrogen bersifat non-logam dan merupakan gas diatomik yang mudah terbakar.

b. Produk

Produk yang dihasilkan oleh pabrik terdiri dari 4 jenis produk yaitu biogasolin, biokerosin, LPG dan CO₂. Produk utama pabrik berupa Biogasolin yang merupakan bahan bakar alternatif pengganti gasoline (bensin), biogasoline dapat disimpan pada tekanan dan suhu atmosferik berfasa cair, biogasolin memiliki sifat mudah terbakar dan menghasilkan gas CO₂ dari hasil pembakarannya.

Biokerosin adalah bahan bakar pengganti kerosin (minyak tanah) yang dapat disimpan pada kondisi operasi suhu dan tekanan atmosferik dalam fasa cair. Umumnya biokerosin digunakan sebagai bahan bakar kompor minyak dan lampu minyak.

Produk samping lainnya adalah gas LPG yang merupakan fraksi ringan dari proses *hydrocracking* minyak jelantah, gas LPG memiliki sifat sangat mudah terbakar dan biasa dimanfaatkan sebagai

bahan bakar untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga maupun industri.

Gas CO₂ ialah gas limbah yang dihasilkan dari pemanasan senyawa organik, berbeda dengan produk lainnya gas CO₂ memiliki sifat tidak mudah terbakar, umumnya gas CO₂ digunakan sebagai bahan pemadam api. Gas CO₂ sangat berbahaya jika dilepas ke udara bebas dalam jumlah yang besar karena dapat mencemari lingkungan dan menyebabkan efek rumah kaca.

c. Sumber Bahan Baku

Bahan baku pabrik biogasolin ini adalah minyak jelantah yang didapat dari perusahaan pengumpul minyak jelantah di wilayah Jawa Timur yaitu PT. Green Energi Utama yang berada di Malang, PT. Energi Indo Terkini yang berada di Sidoarjo, CV Artha Metro Oil yang berada di Sidoarjo, dan CV Asia Green Energy yang berada di Madiun.

d. Limbah Pabrik

Limbah yang dihasilkan dari pabrik biogasolin ini adalah limbah gas hasil pembakaran dari alat *Furnace* (F-01) berupa gas CO₂ dan uap air (H₂O).

e. Hasil Perhitungan Ekonomi

Berdasarkan tabel 6.13 analisa kelayakan ekonomi pabrik biogasolin dari minyak jelantah ini telah memenuhi parameter kelayakan ekonomi.

Dari hasil Analisa kelayakan pabrik diatas dapat disimpulkan bahwa pabrik biogasolin dari minyak jelantah ini termasuk kedalam golongan pabrik yang memiliki resiko tinggi (*high risk*)



BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Menurut hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan kesimpulan pra rancangan pabrik biogasolin dari minyak jelantah dengan kapasitas 15000 ton/tahun adalah sebagai berikut:

1. Ditinjau dari sifat bahan baku, kondisi operasi, dan analisis ekonomi yang telah dilakukan maka pabrik biogasolin dari minyak jelantah dengan kapasitas 15000 ton/tahun ini digolongkan sebagai pabrik dengan resiko tinggi (*high risk*).
2. Hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan dapat dilihat sebagai berikut:
 - a. Keuntungan yang didapatkan :
Berdasarkan parameter kelayakan dari kapasitas sebesar 15000 ton/tahun, diperoleh harga total penjualan produk sebesar Rp 2,304,522,317,030/tahun dan keuntungan bersih sebesar Rp 269,703,449,522/tahun.
 - b. *Return on Investment* (ROI) sebelum dikenakan pajak ialah sebesar 41,25%. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan risiko rendah minimum adalah 11%. (Aries & Newton, 1955)
 - c. Pay Out Time (POT) sebelum pajak ialah 1,9 tahun. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan risiko tinggi maksimum adalah 2,3 tahun. (Aries & Newton, P.196)

- d. Break Even Point (BEP) dari grafik analisis kelayakan didapat pada angka 40,34% sedangkan Shut Down Point (SDP) pada angka 22,99%
- e. Discounted Cash Flow Rate (DCFR) sebesar yang didapat 35,21%.
Suku bunga simpanan Bank Indonesia 2022 adalah 3,5 %.
Minimum nilai DCFR adalah 1,5 x bunga simpanan bank ($1,5 \times 3,5\% = 5,25\%$). (Aries & Newton, 1955)
- f. Dari hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa Pabrik biogasolin dari minyak jelantah dengan kapasitas produksi 15000 ton/tahun ini layak dan menarik untuk didirikan.

7.2. Saran

Diperlukan pemahaman konsep-konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan dalam pra rancangan suatu pabrik kimia, konsep-konsep tersebut diantaranya ialah 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.
3. Produk Biogasolin dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar gasolin dimasa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.

4. Bahan baku didapatkan dari pabrik lain sehingga pemenuhan bahan baku tergantung pada produksi pabrik tersebut jadi diperlukan adanya kontrak pembelian bahan baku pada kurun waktu tertentu agar kebutuhan bahan baku dapat terpenuhi selama pabrik berjalan.



DAFTAR PUSTAKA

Andrianus,dkk. 2013. Optimasi Reaksi Perengkahan Minyak Jelantah Menggunakan Katalis Zeolit/Nikel. JKK. 2 (1) : 13-18.

Aries, R.S., and Newton, R.D., 1955, Chemical Engineering Cost Estimation, Mc Graw Hill Handbook Co., Inc., New York.

A.Wijanarko, M.A.Hirsaman, and M.Nasikin. 2007, “Biogasoline Production From palm Oil By Hydrocracking Using NiMo/Zeolite Catalysts “. Japan-Indonesia Bilateral Symposium on Sustainable Engineering, Yogyakarta.

Chheda, J.N., Huber, G.W., dan Dumesic, J.A. (2007). “Liquid-Phase Catalytic Processing of Biomass-Derived Oxygenated Hydrocarbons to Fuels and Chemicals”, *Angewandte Chemie International Edition*, 46, hal. 7164–83.

Francesco, R., Magali, B., and Sven, J., (2013), Hydrocracking of n-hexadecane on noble metal/silica–alumina catalysts, *Catalysis Today*, 214, pp. 12-18.

Gates, Bruce C. 1991. *Catalytic Chemistry*. America: United States of America: 1923.

Karna Wijaya,dkk. 2022. Nickel-modified sulfated zirconia catalyst: Synthesis and application for transforming waste cooking oil into biogasoline via a hydrocracking process. *Jurnal Fuel* (322) : 1-7.

Kern, D.Q. 1950. Process Heat Transfer. Mc. Graw-Hill International Book Company Inc. New York.

Myung-gi, S., Dae-Won, L., Kwan-Young, L., and Ju, M.D., (2015), Pt/Al-SBA-15 catalysts for hydrocracking of C₂₁–C₃₄ n-paraffin mixture into gasoline and diesel fractions, *Fuel*, 143, pp. 63-71.

Ooi YS, Zakaria R, Mohamed AR, Bhatia S. 2004. *Catalytic conversion of palm oilbased fatty acid mixture to liquid fuel. Biomass Bioenergy.* 27 (477–84)

Pashigreva, A.V., Bukhtiyarova, G.A., Klimov, O.V., Chesalov, Yu, A., Litvak, G.S., and Noskov, A.S., (2010), Activity and sulfidation behavior of the CoMo/Al₂O₃ hydrotreating catalyst: The effect Of drying conditions, *Catalysis Today*, 149, pp. 19-27.

Prihandana, dkk. 2007. Bioetanol Ubi Kayu Bahan Bakar Masa Depan. Jakarta: Penebar Swadaya: 1-20.

Riko Saputra, dkk. 2013. Perengkahan Katalitik Minyak Jelantah Untuk menghasilkan Biofuel Menggunakan Katalis NiMo/Zeolit. Skripsi. Universitas Riau

Riri Napitupulu, dkk. 2012. Studi Pendahuluan Perengkahan Katalitik (CatalyticCracking) Minyak Kelapa Menjadi Bahan Bakar Cair (Liquid Fuel) Generasi Kedua Dengan Nano Katalis Ti-Silika Berbasis Sekam Padi. Prosiding SNSMAIP III (2012) : 499-503.

Sumbogo Murti S.D. dan Elfi N, 2017. Sintesa Bio-Bensin Melalui Perengkahan Katalitik Minyak Jelantah Dengan Katalis Zeolite Alam Bayah. Jurnal Energi dan Lingkungan vol. 13 (1) : 29-34.

Surya.co.id. 2022. “Gubernur Khofifah: 2,7 Juta Liter Minyak Goreng Telah Diguyur ke Pasar Jatim”. <https://surabaya.tribunnews.com/2022/03/07/gubernur-khofifah-27-juta-liter-minyak-goreng-telah-diguyur-ke-pasar-jatim> (Diakses pada 13 Juni 2022 pukul 16.03)

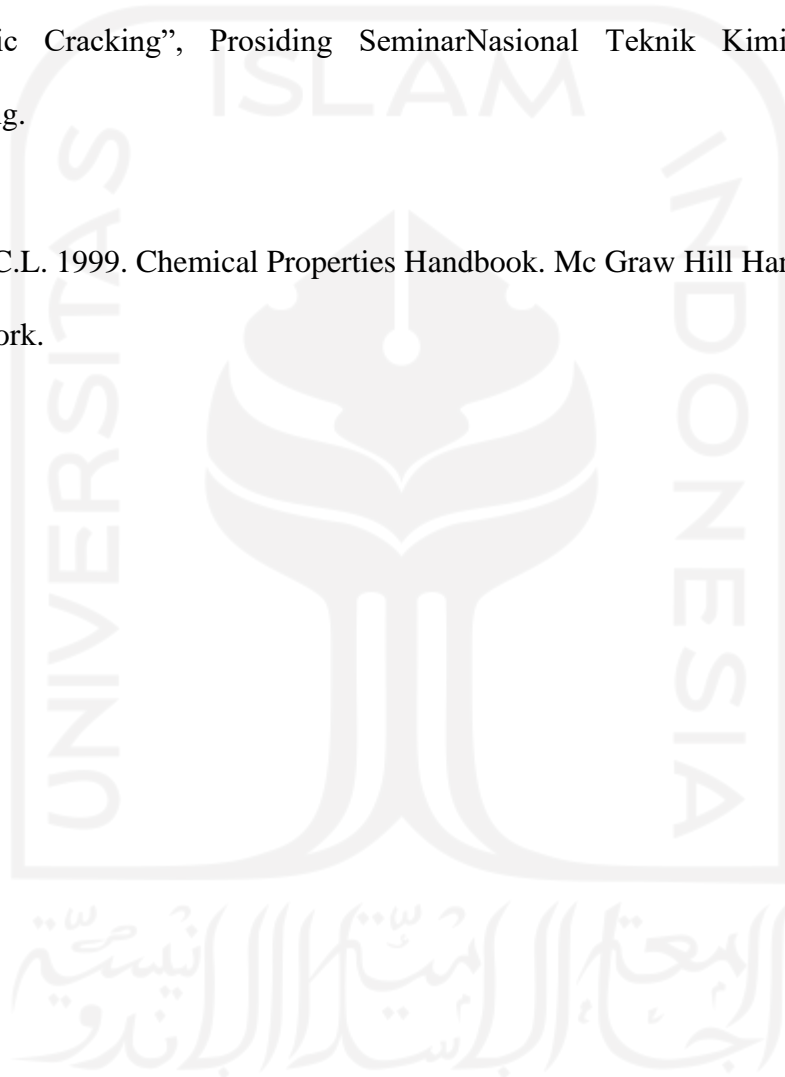
Taufiqurrahmi, dkk. 2011. Production of biofuel from waste cooking palm oil using nanocrystalline zeolite as catalyst: Process optimization studies. Bioresource Technology. 102 (2011) : 10686-10694.

Toshiaki, H., Tomohisa, M., Katsuya, S., and Satoshi, H., (2015), Jet fuel synthesis from Fischer–Tropsch product under mild hydrocracking conditions using Pt-loaded catalysts, Chemical Engineering Journal, 263, pp. 178-185.

Walas, S.M., 1988, Chemical Process Equipment, 3rd ed, Butterworths Series in Chemical Engineering, USA.

Widayat, 2005, “Pembuatan Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan Proses Catalytic Cracking”, Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia, Bandung.

Yaws, C.L. 1999. Chemical Properties Handbook. Mc Graw Hill Handbooks. New York.





LAMPIRAN

LAMPIRAN A

PERANCANGAN REAKTOR

Jenis Reaktor : Reaktor Fixed Bed Multitubular

Fungsi : Mereaksikan $C_5H_{10}O_6$ dengan H_2 dan katalis menjadi $C_{19}H_{36}O_2$, C_5H_{12} , $C_{12}H_{26}$, CO_2 , C_3H_8

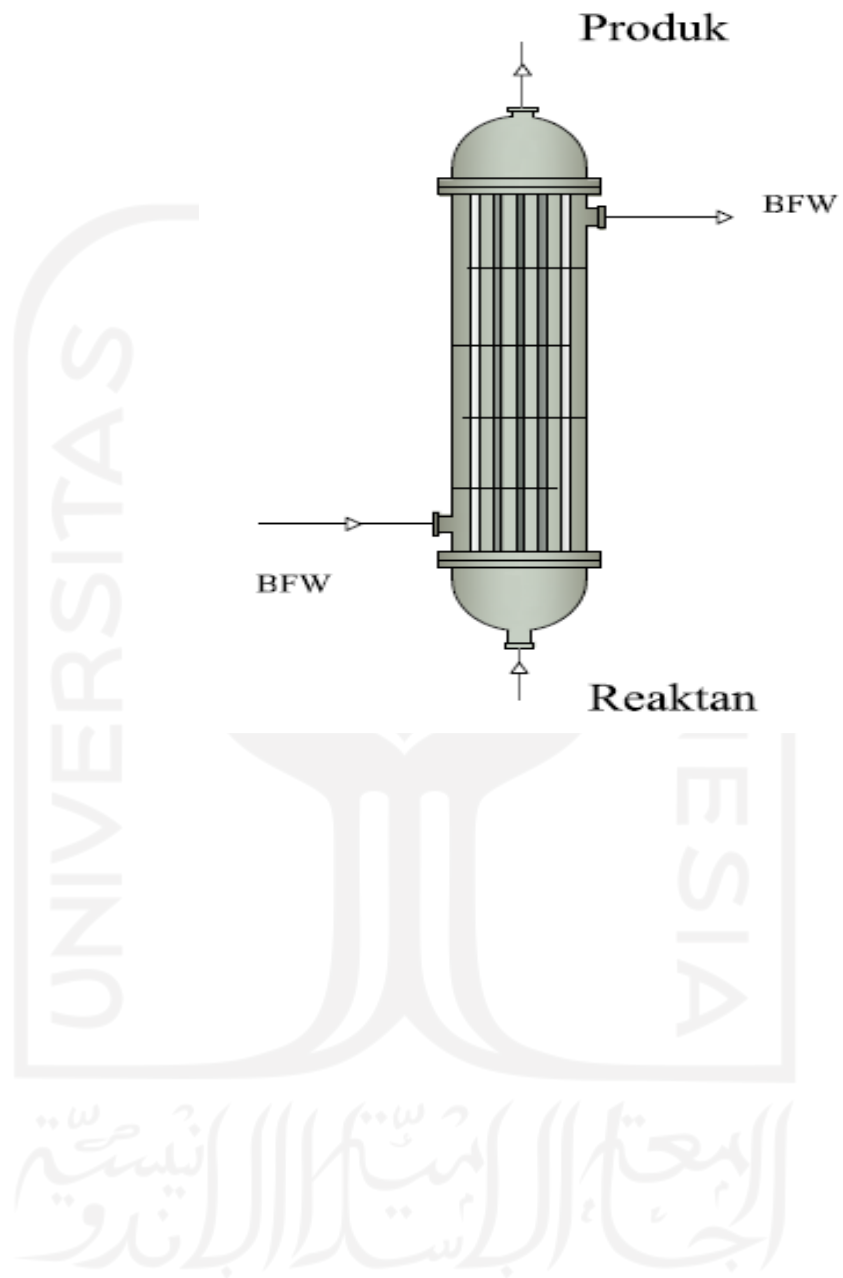
Fase : Gas

Kondisi Operasi

- a. Suhu : $450^\circ C$
- b. Tekanan : 1.1 atm
- c. Konversi : 99%

Katalis : 1% Ni/SZ

Reaksi Eksotermis, Non-Isothermal Non-Adiabatis



1. Uraian Proses

Pembentukan Biogasolin dari minyak jelantah berlangsung dengan reaksi *catalytic hydrocracking* pada suhu operasi 450°C dan tekanan 1 atm menggunakan katalis 1%Ni-SZ dengan konversi raktan menjadi biogasolin sebesar 70%. Reaksi pembentukan biogasolin dari minyak jelantah merupakan reaksi *irreversible* dan reaktan masuk ke reaktor pada fase gas-gas, reaksi tersebut terjadi di dalam pori katalis, jenis reaktor yang digunakan adalah reaktor *fixed bed multitube* dengan kondisi operasi non-adiabatik dan non-isothermal. Reaksi hidrogenasi biogasolin dari minyak jelantah merupakan reaksi eksotermis sehingga memerlukan pendingin dalam prosesnya.

2. Reaksi Kimia

Reaksi kimia yang terjadi dalam sebagai berikut :



Menurut jurnal Seminar Nasional Teknik Kimia 2012 Reaksi *catalytic hydrocracking* minyak jelantah merupakan reaksi orde pertama dengan nilai $k = 13,5285 e^{-29496,17/RT}$ sehingga persamaan laju reaksinya dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$r_A = 13,5285 e^{-29496,17/RT} C_A \text{ (mol/gr kat. Menit)}$$

3. Neraca Massa Reaktor (R-01)

Komponen	Massa <i>input</i> (kg/jam)	Massa <i>output</i> (kg/jam)
H ₂	204,812	39,053
CO ₂	0,000	1.215,274
C ₃ H ₈	0,000	405,091
C ₅ H ₁₂	0,000	1.988,631
C ₁₂ H ₂₆	0,000	4.695,378
C ₁₇ H ₃₆	0,000	0,000
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	0,000	8,792
C ₅₇ H ₁₀₄ O ₆	8.229,700	82,292
Total	8.434,511	8.434,511

4. Menentukan Jenis Reaktor

Reaktor yang dipilih adalah jenis fixed bed multi tube dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Zat pereaksi berupa fase gas dengan katalis padat
2. Reaksi sangat eksotermis sehingga memerlukan luas perpindahan panas yang besar agar kontak dengan pendingin optimal
3. Tidak diperlukan pemisahan katalis dari gas keluaran reaktor
4. Konstruksi reaktor fixed bed multi tube lebih sederhana jika dibandingkan dengan reaktor fluidized bed sehingga biaya pembuatan, operasional, dan perawatannya relatif murah.

5. pengendalian suhu relatif mudah karena menggunakan tipe shell and tube

(Hill, 1977)

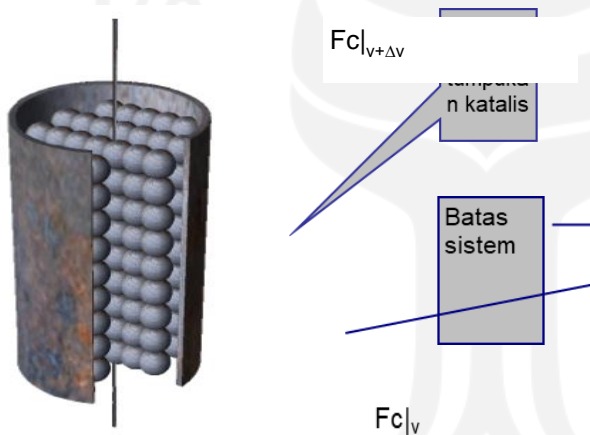
5. Pembentukan Persamaan Matematis

Neraca massa

- a. Neraca massa untuk C₁₉H₃₆O₂ dalam elemen volume Δv

Kecepatan massa C₁₉H₃₆O₂ masuk – kecepatan massa C₁₉H₃₆O₂ keluar + C₁₉H₃₆O₂ yang terbentuk dalam sistem = akumulasi

Pada keadaan tunak, Akumulasi = 0



Keterangan :

F_c : Kecepatan mol C₅₇H₁₀₄O₆, [kmol/s]

rc : Kecepatan mol C₅₇H₁₀₄O₆ yang terbentuk dalam sistem [kmol/m³s]

I_d : diameter dalam pipa [m]

$$F_{c|v} - F_{c|v+\Delta v} + (-rc)\Delta v = 0$$

$$F_{c|v} - F_{c|v+\Delta v} = -(-rc) \Delta v$$

$$-dF_c/dv = -(-rc)$$

$$v = \pi \cdot I_d^2 / 4 \cdot Z$$

$$dF_c = F_{a0} x_1$$

C₅H₁₀O₆ masuk reaktor [kmol/s]

x₁ : konversi reaksi C₅H₁₀O₆ menjadi C₁₉H₃₆O₂

substitusi ke persamaan diatas , diperoleh:

$$dx_1 / dz = - r_1 (\pi Id^2/4) / F_{a0} \dots \dots \dots (1)$$

b. Neraca massa untuk C₅H₁₂ dalam elemen Δv

Kecepatan massa C₅H₁₂ masuk – kecepatan massa C₅H₁₂ keluar + C₅H₁₂ yang terbentuk dalam sistem = akumulasi

Pada keadaan tunak, Akumulasi = 0

$$F_{d|v} - F_{d|v+\Delta v} + (-rd)\Delta v = 0$$

$$F_{d|v} - F_{d|v+\Delta v} = -(-rd) \Delta v$$

$$-dF_d/dv = -(-rd)$$

$$v = \pi Id^2/4 \cdot Z$$

$$dF_d = F_{a0} x_2$$

F_{a0} : kecepatan mol C₅H₁₀O₆ masuk reaktor [kmol/s]

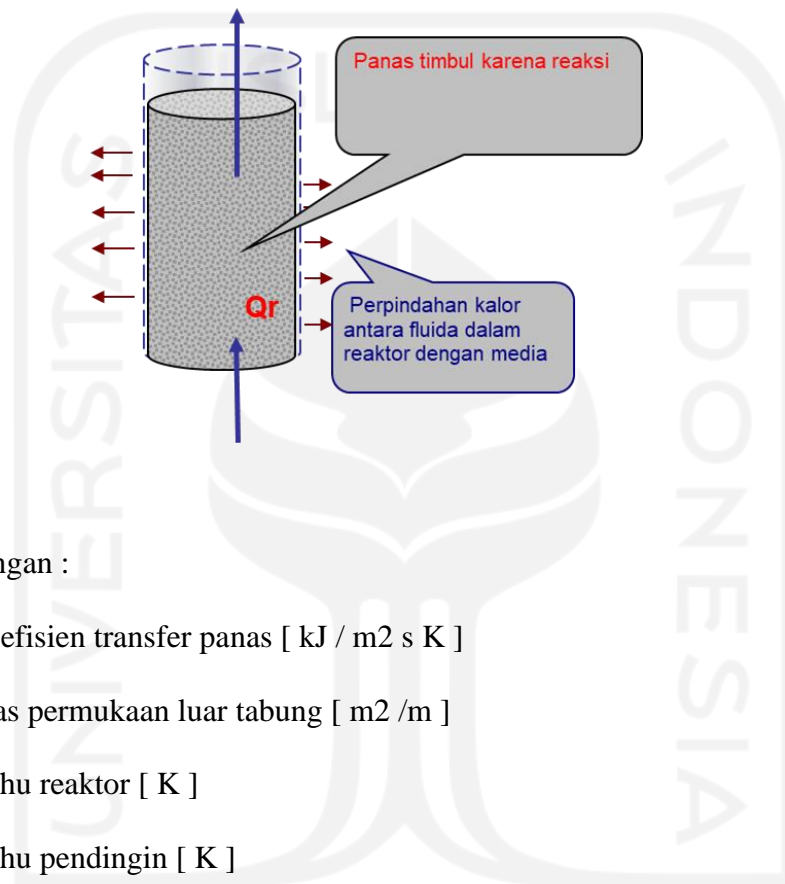
x₂ : konversi reaksi C₅H₁₀O₆ menjadi C₅H₁₂

substitusi ke persamaan diatas , diperoleh:

$$dx_2 / dz = - r_2 (\pi Id^2/4) / F_{a0} \dots \dots \dots (2)$$

Neraca panas

a. Neraca panas dalam elemen volume Δv



Keterangan :

U_d : Koefisien transfer panas [kJ / m² s K]

a'' : Luas permukaan luar tabung [m² /m]

T_g : Suhu reaktor [K]

T_p : Suhu pendingin [K]

Q_g : Panas yang dibawa oleh bahan [kJ/s]

Kecepatan panas masuk - kecepatan panas keluar + panas yang dalam sistem -
perpindahan panas dalam sistem = akumulasi

$$Qg \Big|_z - Qg \Big|_{z+\Delta z} + Qr - Qpp = 0$$

$$Q_r = (-r_a) \cdot \Delta h_{ra} \left(\pi \cdot Id^2/4 \right) \cdot \Delta z$$

$(-r_c)$ = kecepatan reaksi C₅H₁₀O₆ menjadi C₁₉H₃₆O₂ monomer [kmol/kgcat.s]

Δh_{rc} = Enthalpy reaksi ke 1 [kJ /kmol]

diambil limit $\Delta z \rightarrow 0$, diperoleh:

$$\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{Q_g|_z - Q_g|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = -[(-r_1) \Delta h_{r1} - (-r_2) \Delta h_{r2}] \pi Id^2/4 + (\pi Od) (T_g - T_p)$$

$$-dQ_g/dz = -[(-r_1) \Delta h_{r1} - (-r_2) \Delta h_{r2}] (\pi Id^2 /4) - U_d (\pi Od) (T_g - T_p)$$

$$Q_g = \sum F_{gi} c_{pgi} (T_g - T_{ref})$$

Keterangan :

c_{pg} : Kapasitas panas masing masing komponen pada fase gas [kJ/kmol . K]

T_g : suhu gas [K]

T_{ref} : Suhu referensi [K]

$$\frac{dQ_g}{dz} = \sum F_g \cdot c_{pg} \frac{dT_g}{dz} + (T_g - T_{ref}) \frac{d\sum F_g c_{pg}}{dz}$$

Bila $\sum F_{gi} c_{pgi}$ dianggap tetap , maka persamaan neraca panas

$$[(-r_1) \Delta h_{r1} - (-r_2) \Delta h_{r2}] \pi Id^2/4 - (\pi Od) (T_g - T_p)$$

$$dT_g/dz = \frac{[(-r_1) \Delta h_{r1} - (-r_2) \Delta h_{r2}] \pi Id^2/4 - (\pi Od) (T_g - T_p)}{\sum F_{gi} c_{pgi}}$$

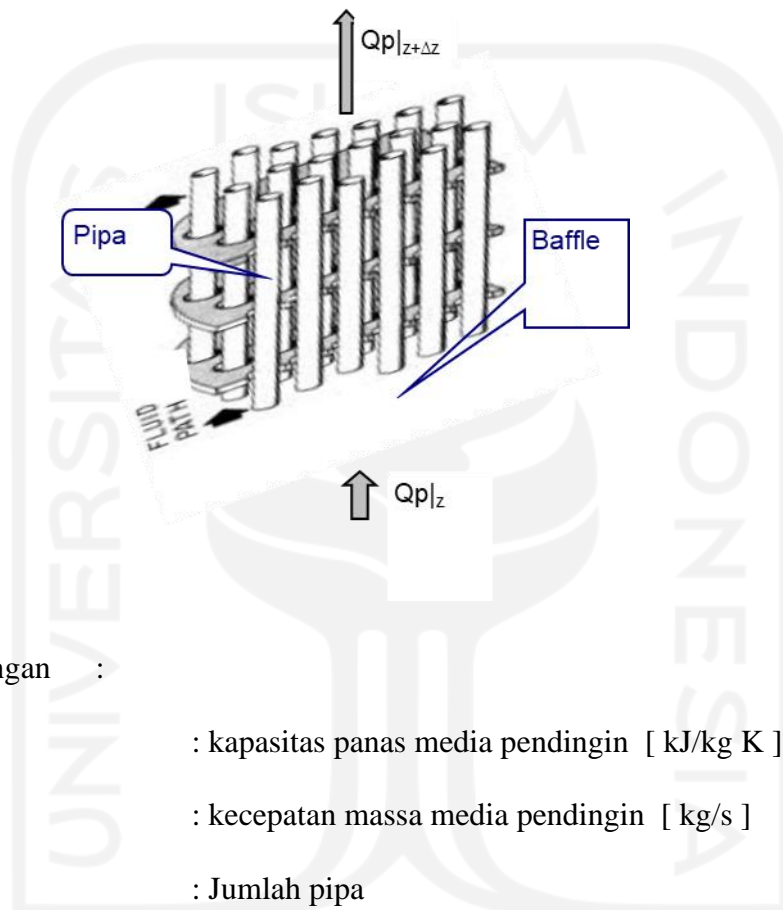
$\sum F_{gi} c_{pgi}$

b. Neraca panas untuk media pendingin

Kecepatan panas masuk - kecepatan panas keluar + perpindahan kalor dalam sistem

= akumulasi

Sketsa :



Keterangan :

c_{pp} : kapasitas panas media pendingin [kJ/kg K]

f_{massp} : kecepatan massa media pendingin [kg/s]

n_{pipa} : Jumlah pipa

O_d : Diameter luar pipa [m]

Q_p : Panas yang dibawa oleh pendingin [kJ/s]

T_g : Suhu gas [K]

T_p : Suhu pendingin [K]

T_{reff} : Suhu referensi [K]

U_d : Koefisien perpindahan kalor [kJ/ m²sK]

Neraca panas :

Kecepatan panas masuk - kecepatan panas keluar + perpindahan kalor dalam sistem

= akumulasi

pada keadaan tunak, akumulasi = 0

$$Q_p|_z - Q_p|_{z+\Delta z} + U d \pi O d n p i p a (T_g - T_p) \Delta z = 0$$

$$\lim_{\Delta z} \frac{Q_p|_z - Q_p|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = -U d \pi O d n p i p a (T_g - T_p)$$

$$-\frac{dQ_p}{dz} = -U d \pi O d n p i p a (T_g - T_p)$$

$$Q_p = f_{mass} c_{pp} (T_p - T_{reff})$$

$$\frac{d f_{mass} c_{pp} (T_p - T_{reff})}{dz} = U d \pi O d n p i p a (T_g - T_{reff})$$

$$\frac{dT_p}{dz} = \frac{U d \pi O d n p i p a (T_g - T_p)}{f_{mass} c_{pp}}$$

Penurunan tekanan

Persamaan penurunan tekanan dihitung dengan persamaan Tallmagade (Bird, R.B.,

" Transport Phenomena ", ed 2, halaman 191)

$$\frac{dP_t}{dz} = \left[150 \left(\frac{1-\varepsilon}{Re_p} \right) + 4.2 \left(\frac{1-\varepsilon}{Re_p} \right)^{1/6} \right] \left(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3} \right) \frac{G_p^2}{\rho D_p}$$

Keterangan :

D_p : Diameter katalis [m]

G_p : Flux massa [kg/m²s]

Re_p : Bilangan Reynold

P_t : Tekanan [Pa]

ϵ : Porositas katalis

ρ : Rapat massa gas [kg/m³]

Dari pemodelan matematis diatas diperoleh persamaan persamaan:

$$dx_1 / dz = - r_1 (\pi Id_2/4) / Fa_0 \dots\dots\dots(1)$$

$$dx_2 / dz = - r_2(\pi Id_2/4) / Fa_0 \dots\dots\dots(2)$$

$$dT_g/dz = \frac{[(-r_1) \Delta hr_1 + (-r_2) \Delta hr_2] \pi Id_2 / 4 - \pi Od (T_g - T_p)}{\sum f_i c_{p,i}}$$

$$\frac{dT_p}{dz} = \frac{U_d \pi O_d n_{p,i} (T_g - T_p)}{f_{mass} p c_{p,i}}$$

$$\frac{dP_t}{dz} = [150 \left(\frac{1-\epsilon}{Re_p}\right) + 4.2 \left(\frac{1-\epsilon}{Re_p}\right)^{1/6}] \left(\frac{1-\epsilon}{\epsilon^3}\right) \frac{G_p^2}{\rho D_p}$$

Merupakan persamaan differensial biasa order 1 yang dapat diselesaikan secara simultan

6. Persamaan Pendukung

a. Variable perancangan

Pada perhitungan reaktor fixed bed ini , besaran yang digunakan sebagai variabel perancangan adalah:

1. Suhu reaktan masuk [K]
2. Tekanan reaktor [atm]
3. Suhu media pendingin masuk [K]
4. Bilangan Reynold
5. Kecepatan massa media pendingin yang diperlukan

b. Ukuran pipa

Dipilih berdasarkan Rase,H.F., "Chemical Reactor Design for Plants", (1977), John Wiley and Son, Inc., N.Y, vol.I, hal.535

Ukuran pipa yang digunakan berkisar antara 1 "in sampai 2 "

c. Jumlah pipa

Jumlah pipa yang diperlukan dihitung berdasarkan bilangan Reynold yang digunakan

$$Re_p = \frac{Id G_p}{\mu}$$

Keterangan :

G_p : Flux massa aliran dalam pipa [kg /m² s]

Id : Diameter dalam pipa [m]

Rep : Bilangan Reynold

Flux massa dihitung dengan persamaan:

$$G_p = \frac{f_{masst}}{n_{pipa} a_p}$$

Keterangan :

a_p : Luas aliran dalam pipa [m]

f_{masst} : kecepatan massa total [kg/s]

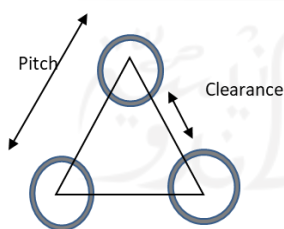
n_{pipa} : Jumlah pipa

masukan dealam persamaan bilangan Reynold, diperoleh :

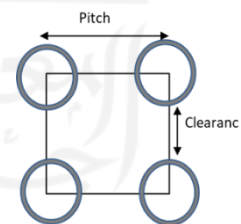
$$Re_p = \frac{Id f_{masst}}{\mu n_{pipa} a_p} \quad n_{pipa} = \frac{Id f_{masst}}{Re_p a_p \mu}$$

d. Susunan pipa

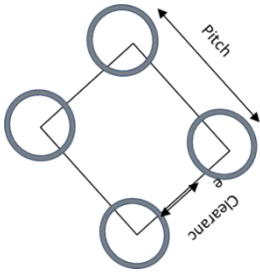
Pipa dalam reaktor dapat disusun secara triangular atau secara bujur sangkar



Susunan triangular



Susunan bujur sangkar



Susunan bujur sangkar yang dirotasi

Diameter ekivalen

Kern, D.Q., halaman 138

Untuk susunan bujur sangkar, diameter ekivalen dihitung dengan persamaan:

$$De = \frac{4 \times (Pitch^2 - \pi Od^2 / 4)}{\pi \times Od}$$

Untuk susunan triangular

$$De = \frac{4 \times (1/2 Pitch \times 0.86 \times Pitch - 1/2 \pi Od^2 / 4)}{1/2 \pi Od}$$

Untuk susunan trangular:

Kern, D.Q., "Process Heat transfer", halaman 139

e. Diameter selongsong

Untuk susunan bujur sangkar dihitung dengan persamaan:

$$N_{\text{pipa}} = \frac{[(I_{ds} - K_1)^2 \pi / 4 + K_2] \pi / 4 + K_2 - \text{Pitch} (I_{ds} - K_1) (K_3 n_{\text{pass}} + K_4)}{\text{Pitch}^2}$$

Untuk susunan triangular:

$$N_{\text{pipa}} = \frac{[(I_{ds} - K_1)^2 \pi / 4 + K_2] - \text{Pitch} (I_{ds} - K_2) [K_3 n_{\text{pass}} + K_4]}{1.233 \text{Pitch}^2}$$

Nilai konstanta K1, K2, K3, dan K4

Untuk susunan bujur sangkar

K1 = -1,04

K2 = -0,10

K3 = 0,43

K4 = -0,25

Untuk Susunan triangular

K1 = -1,08

K2 = -0,90

K3 = 0,69

K4 = -0,80

Persamaan dan data tersebut diperoleh dari Ludwig, E.E., Applied Process Design

for Chemical and Petrochemical Plants ed III, vol 3, halaman 36

f. Koefisien perpindahan kalor gabungan

Dihitung berdasarkan persamaan korelasi:

$$Rd = \frac{1}{Ud} - \frac{1}{Uc}$$

Keterangan :

Rd : Resistansi thermal terhadap pengotor [m²sK/kJ]

Uc : Koefisien perpindahan kalor gabungan bersih [kJ/m²sK]

Ud : Koefisien perpindahan kalor gabungan design [kJ/m²sK]

Persamaan Rd disusun kembali menjadi :

$$\frac{1}{Ud} = \frac{Rd Uc + 1}{Uc}$$

$$Ud = \frac{Uc}{Rd Uc + 1}$$

Koefisien perpindahan kalor dalam selongsong

dihitung dengan persamaan:

$$hi = 0.021 \frac{kthav}{Id} Re t^{0.8} Pr t^{1/3}$$

Towler, G., Ray Sinnott, " CHEMICAL ENGINEERING DESIGN" Butterworth

Heinseman Elsevier , London (2008) halaman 824

Keterangan :

Id : Diameter pipa [m]

hi : koefisien perpindahan kalor dalam pipa [kJ/m²sK]

kthav : konduktivitas thermal gas [kJ / m s K]

Prt : Bilangan Prandtl

Ret : Bilangan Reynold

Koefisien perpindahan kalor dalam selongsong

dihitung dengan persamaan :

$$h_o = 0.36 \frac{k_{th}}{D_e} Re^{0.55} Pr^{1/3}$$

keterangan :

De : Diameter ekivalen [m]

ho : Koefisien perpindahan kalor pada selongsong [kJ/m²sK]

kth : Konduktivitas thermal [kJ /m² s K]

Re : Bilangan Reynold

Pr : Bilangan Prandtl

Komposisi masing masing komponen pada konversi x1,x2

H₂

Kecepatan mol Hidrogen = kecepatan mol Hidrogen masuk

f_{mol1} = f_{molin1} - 2* x1 * f_{molin8} - 9*x2 * f_{molin8}

CO₂

Kecepatan mol CO₂ = kecepatan mol CO₂ masuk + CO₂ reaksi

$$f_{mol2} = f_{molin2} + 3 \cdot x_1 \cdot f_{molin8} + 3 \cdot x_2 \cdot f_{molin8}$$

C₃H₈

Kecepatan mol C₃H₈ = kecepatan mol C₃H₈ masuk + kecepatan mol C₃H₈ Hasil
reaksi

$$f_{mol3} = f_{molin3} + x_2 \cdot f_{molin8}$$

C₁₂H₂₆

Kecepatan mol C₁₂H₂₆ = kecepatan mol C₁₂H₂₆ masuk + mol C₁₂H₂₆ untuk
reaksi

$$f_{mol5} = f_{molin5} + 3 \cdot x_2 \cdot f_{molin8}$$

C₁₇H₃₆

Kecepatan mol C₁₇H₃₆ = kecepatan mol C₁₇H₃₆ masuk + kecepatan mol C₁₇H₃₆
reaksi

$$f_{mol6} = f_{molin6}$$

C₁₉H₃₆O₂

kecepatan mol C₁₉H₃₆O₂ = kecepatan mol C₁₉H₃₆O₂ masuk + kecepatan mol
C₁₉H₃₆O₂ reaksi

$$f_{mol7} = f_{molin7} + 3 \cdot x_1 \cdot f_{molin8}$$

C₅₇H₁₀₄O₆

kecepatan mol C₅₇H₁₀₄O₆ = kecepatan mol C₅₇H₁₀₄O₆ masuk - kecepatan mol
C₅₇H₁₀₄O₆ reaksi

$$f_{mol8} = f_{molin8} - \text{mol reaksi 1} - \text{reaksi 2}$$

Fraksi mol masing-masing komponen

Dihitung dengan persamaan:

$$y_i = \frac{\text{kecepatan mol masing masing komponen}}{\text{kecepatan mol total}}$$

Viskositas gas campuran

Dihitung dengan persamaan:

$$\mu_{av} = \frac{\sum y_i \mu_i \sqrt{Mw_i}}{\sum y_i \sqrt{Mw_i}}$$

Keterangan :

Mwi : Massa molekul masing masing komponen

yi : Fraksi mol masing masing komponen

μi : viskositas masing masing komponen [kg/m s]

Konduktivitas thermal campuran

Dihitung dengan persamaan:

$$k_{thav} = \frac{\sum y_i k_{th_i} \sqrt[3]{Mw_i}}{\sum y_i \sqrt[3]{Mw_i}}$$

Keterangan :

kthi : Konduktivitas thermal masing masing komponen [kJ/m s K]

kthi : Konduktivitas thermal masing masing komponen [kJ/m s K]

7. Penyelesaian Persamaan Matematik

Persamaan matematis diselesaikan dengan cara Rungge Kutta

$$z_{n+1} = z_n + \Delta z$$

$$x_{n+1} = x_n + (k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) / 6$$

$$T_{g\ n+1} = T_{g\ n} + (l_1 + 2l_2 + 2l_3 + l_4) / 6$$

$$T_{p\ n+1} = T_{p\ n} + (m_1 + 2m_2 + 2m_3 + m_4) / 6$$

$$P_{t\ n+1} = P_{t\ n} + (n_1 + 2n_2 + 2n_3 + n_4) / 6$$

Konstanta Rungge Kutta 1

$$k_1 = \frac{\Delta x_a}{\Delta z} \Delta z$$

dievaluasi pada $x_n, T_{g\ n}, T_{p\ n}, P_{t\ n}$

$$l_1 = \frac{\Delta T_g}{\Delta z} \Delta z$$

dievaluasi pada $x_n, T_{g\ n}, T_{p\ n}, P_{t\ n}$

$$m_1 = \frac{\Delta T_p}{\Delta z} \Delta z$$

dievaluasi pada $x_n, T_{g\ n}, T_{p\ n}, P_{t\ n}$

$$n_1 = \frac{\Delta P_t}{\Delta z} \Delta z$$

dievaluasi pada x_{an} , T_{gn} , T_{pn} , P_{tn}

Konstanta Rungge Kuta 2

$$k_2 = \frac{\Delta x_a}{\Delta z} \Delta z$$

dievaluasi pada $x_{an} + k_1/2$, $T_{gn} + l_1/2$, $T_{pn} + m_1/2$, $P_{tn} + n_1/2$

$$m_2 = \frac{\Delta T_p}{\Delta z} \Delta z$$

dievaluasi pada $x_{an} + k_1/2$, $T_{gn} + l_1/2$, $T_{pn} + m_1/2$, $P_{tn} + n_1/2$

$$l_2 = \frac{\Delta T_g}{\Delta z} \Delta z$$

dievaluasi pada $x_{an} + k_1/2$, $T_{gn} + l_1/2$, $T_{pn} + m_1/2$, $P_{tn} + n_1/2$

$$n_2 = \frac{\Delta P_t}{\Delta z} \Delta z$$

dievaluasi pada $x_{an} + k_1/2$, $T_{gn} + l_1/2$, $T_{pn} + m_1/2$, $P_{tn} + n_1/2$

Konstanta Rungge Kuta 3

$$k_3 = \frac{\Delta x_a}{\Delta z} \Delta z$$

dievaluasi pada $x_{an} + k_2/2$, $T_{gn} + l_2/2$, $T_{pn} + m_2/2$, $P_{tn} + n_2/2$

$$l_3 = \frac{\Delta T_g}{\Delta z} \Delta z$$

dievaluasi pada $x_{an} + k_2/2$, $T_{gn} + l_2/2$, $T_{pn} + m_2/2$, $P_{tn} + n_2/2$

$$m_3 = \frac{\Delta T_p}{\Delta z} \Delta z$$

dievaluasi pada $x_{n+1} + k_2/2$, $T_{gn} + l_2/2$, $T_{pn} + m_1/2$, $P_{tn} + n_2/2$

$$n_3 = \frac{\Delta P_t}{\Delta z} \Delta z$$

dievaluasi pada $x_{n+1} + k_2/2$, $T_{gn} + l_2/2$, $T_{pn} + m_2/2$, $P_{tn} + n_2/2$

Konstanta Rungge Kuta 4

$$k_4 = \frac{\Delta x_a}{\Delta z} \Delta z$$

dievaluasi pada $x_{n+1} + k_3$, $T_{gn} + l_3$, $T_{pn} + m_3$, $P_{tn} + n_3$

$$l_4 = \frac{\Delta T_g}{\Delta z} \Delta z$$

dievaluasi pada $x_{n+1} + k_3$, $T_{gn} + l_3$, $T_{pn} + m_3$, $P_{tn} + n_3$

$$m_4 = \frac{\Delta T_p}{\Delta z} \Delta z$$

dievaluasi pada $x_{n+1} + k_3$, $T_{gn} + l_3$, $T_{pn} + m_3$, $P_{tn} + n_3$

$$n_4 = \frac{\Delta P_t}{\Delta z} \Delta z$$

dievaluasi pada $x_{n+1} + k_3$, $T_{gn} + l_3$, $T_{pn} + m_3$, $P_{tn} + n_3$

Data katalis

Diameter : 0,01 m

Porositas : 0,30 m

Rapat massa : 8908 kg/m³

8. Penyelesaian Persamaan Matematis

z	x1	x2	xt	Tg	Tp	Pt
0.000	0.000000	0.000000	0.000	450.0000	440.000	1.100
0.100	0.000013	0.012394	0.012	444.8148	441.196	1.100
0.200	0.000026	0.024539	0.025	445.0477	441.906	1.100
0.300	0.000039	0.036568	0.037	445.6553	442.575	1.100
0.400	0.000052	0.048489	0.049	446.2854	443.234	1.100
0.500	0.000065	0.060303	0.060	446.9113	443.885	1.100
0.600	0.000078	0.072010	0.072	447.5306	444.530	1.100
0.700	0.000090	0.083609	0.084	448.1432	445.169	1.100
0.800	0.000103	0.095101	0.095	448.7492	445.801	1.100
0.900	0.000115	0.106487	0.107	449.3485	446.426	1.100
1.000	0.000127	0.117765	0.118	449.9411	447.044	1.100
1.100	0.000139	0.128935	0.129	450.5272	447.656	1.099
1.200	0.000151	0.139999	0.140	451.1067	448.262	1.099
1.300	0.000163	0.150957	0.151	451.6797	448.860	1.099
1.400	0.000174	0.161807	0.162	452.2462	449.453	1.099
1.500	0.000186	0.172551	0.173	452.8062	450.039	1.099
1.600	0.000197	0.183188	0.183	453.3598	450.618	1.099
1.700	0.000209	0.193720	0.194	453.9071	451.191	1.099
1.800	0.000220	0.204146	0.204	454.4480	451.758	1.099
1.900	0.000231	0.214466	0.215	454.9826	452.318	1.099
2.000	0.000242	0.224680	0.225	455.5110	452.873	1.099

2.100	0.000253	0.234790	0.235	456.0332	453.420	1.099
2.200	0.000264	0.244795	0.245	456.5492	453.962	1.099
2.300	0.000274	0.254696	0.255	457.0591	454.497	1.099
2.400	0.000285	0.264493	0.265	457.5629	455.027	1.099
2.500	0.000295	0.274186	0.274	458.0606	455.550	1.099
2.600	0.000306	0.283776	0.284	458.5524	456.067	1.099
2.700	0.000316	0.293263	0.294	459.0382	456.578	1.099
2.800	0.000326	0.302649	0.303	459.5181	457.083	1.099
2.900	0.000336	0.311932	0.312	459.9922	457.582	1.099
3.000	0.000346	0.321114	0.321	460.4604	458.076	1.098
3.100	0.000356	0.330195	0.331	460.9229	458.563	1.098
3.200	0.000365	0.339176	0.340	461.3797	459.045	1.098
3.300	0.000375	0.348057	0.348	461.8308	459.520	1.098
3.400	0.000384	0.356838	0.357	462.2763	459.990	1.098
3.500	0.000394	0.365521	0.366	462.7162	460.455	1.098
3.600	0.000403	0.374106	0.375	463.1505	460.914	1.098
3.700	0.000412	0.382593	0.383	463.5794	461.367	1.098
3.800	0.000421	0.390983	0.391	464.0029	461.814	1.098
3.900	0.000430	0.399277	0.400	464.4210	462.256	1.098
4.000	0.000439	0.407475	0.408	464.8338	462.693	1.098
4.100	0.000448	0.415578	0.416	465.2412	463.124	1.098
4.200	0.000456	0.423586	0.424	465.6435	463.550	1.098

4.300	0.000465	0.431500	0.432	466.0406	463.971	1.098
4.400	0.000473	0.439321	0.440	466.4325	464.386	1.098
4.500	0.000481	0.447050	0.448	466.8193	464.796	1.098
4.600	0.000490	0.454686	0.455	467.2012	465.201	1.097
4.700	0.000498	0.462232	0.463	467.5780	465.600	1.097
4.800	0.000506	0.469686	0.470	467.9499	465.995	1.097
4.900	0.000514	0.477051	0.478	468.3169	466.385	1.097
5.000	0.000522	0.484326	0.485	468.6791	466.769	1.097
5.100	0.000529	0.491514	0.492	469.0364	467.149	1.097
5.200	0.000537	0.498613	0.499	469.3891	467.524	1.097
5.300	0.000544	0.505625	0.506	469.7370	467.894	1.097
5.400	0.000552	0.512551	0.513	470.0804	468.259	1.097
5.500	0.000559	0.519391	0.520	470.4191	468.619	1.097
5.600	0.000566	0.526146	0.527	470.7533	468.975	1.097
5.700	0.000574	0.532817	0.533	471.0830	469.326	1.097
5.800	0.000581	0.539404	0.540	471.4082	469.672	1.097
5.900	0.000588	0.545909	0.546	471.7291	470.014	1.097
6.000	0.000595	0.552332	0.553	472.0456	470.351	1.097
6.100	0.000601	0.558674	0.559	472.3578	470.684	1.097
6.200	0.000608	0.564935	0.566	472.6658	471.013	1.096
6.300	0.000615	0.571116	0.572	472.9695	471.337	1.096
6.400	0.000621	0.577218	0.578	473.2691	471.656	1.096

6.500	0.000628	0.583242	0.584	473.5646	471.972	1.096
6.600	0.000634	0.589188	0.590	473.8560	472.283	1.096
6.700	0.000641	0.595058	0.596	474.1434	472.590	1.096
6.800	0.000647	0.600851	0.601	474.4269	472.893	1.096
6.900	0.000653	0.606570	0.607	474.7064	473.192	1.096
7.000	0.000659	0.612213	0.613	474.9821	473.486	1.096
7.100	0.000665	0.617783	0.618	475.2539	473.777	1.096
7.200	0.000671	0.623280	0.624	475.5219	474.064	1.096
7.300	0.000677	0.628705	0.629	475.7862	474.347	1.096
7.400	0.000682	0.634058	0.635	476.0468	474.626	1.096
7.500	0.000688	0.639340	0.640	476.3037	474.901	1.096
7.600	0.000694	0.644552	0.645	476.5571	475.172	1.096
7.700	0.000699	0.649694	0.650	476.8068	475.440	1.095
7.800	0.000705	0.654769	0.655	477.0531	475.704	1.095
7.900	0.000710	0.659775	0.660	477.2959	475.964	1.095
8.000	0.000715	0.664714	0.665	477.5352	476.221	1.095
8.100	0.000721	0.669587	0.670	477.7712	476.474	1.095
8.200	0.000726	0.674394	0.675	478.0038	476.723	1.095
8.300	0.000731	0.679136	0.680	478.2331	476.969	1.095
8.400	0.000736	0.683813	0.685	478.4591	477.212	1.095
8.500	0.000741	0.688428	0.689	478.6819	477.451	1.095
8.600	0.000746	0.692979	0.694	478.9015	477.687	1.095

8.700	0.000751	0.697468	0.698	479.1180	477.920	1.095
8.800	0.000755	0.701896	0.703	479.3314	478.149	1.095
8.900	0.000760	0.706263	0.707	479.5417	478.375	1.095
9.000	0.000765	0.710571	0.711	479.7490	478.598	1.095
9.100	0.000769	0.714819	0.716	479.9533	478.818	1.095
9.200	0.000774	0.719008	0.720	480.1547	479.034	1.094
9.300	0.000778	0.723139	0.724	480.3532	479.248	1.094
9.400	0.000783	0.727214	0.728	480.5488	479.458	1.094
9.500	0.000787	0.731231	0.732	480.7415	479.666	1.094
9.600	0.000791	0.735193	0.736	480.9315	479.871	1.094
9.700	0.000795	0.739099	0.740	481.1187	480.072	1.094
9.800	0.000799	0.742951	0.744	481.3032	480.271	1.094
9.900	0.000804	0.746749	0.748	481.4850	480.467	1.094
10.000	0.000808	0.750494	0.751	481.6641	480.660	1.094
10.100	0.000812	0.754186	0.755	481.8407	480.850	1.094
10.200	0.000815	0.757827	0.759	482.0146	481.038	1.094
10.300	0.000819	0.761416	0.762	482.1860	481.223	1.094
10.400	0.000823	0.764954	0.766	482.3549	481.405	1.094
10.500	0.000827	0.768442	0.769	482.5214	481.584	1.094
10.600	0.000831	0.771881	0.773	482.6853	481.761	1.093
10.700	0.000834	0.775271	0.776	482.8469	481.936	1.093
10.800	0.000838	0.778613	0.779	483.0061	482.108	1.093

10.900	0.000841	0.781907	0.783	483.1630	482.277	1.093
11.000	0.000845	0.785155	0.786	483.3175	482.444	1.093
11.100	0.000848	0.788356	0.789	483.4698	482.608	1.093
11.200	0.000852	0.791511	0.792	483.6198	482.770	1.093
11.300	0.000855	0.794621	0.795	483.7676	482.930	1.093
11.400	0.000858	0.797686	0.799	483.9132	483.087	1.093
11.500	0.000862	0.800707	0.802	484.0566	483.243	1.093
11.600	0.000865	0.803685	0.805	484.1979	483.395	1.093
11.700	0.000868	0.806620	0.807	484.3372	483.546	1.093
11.800	0.000871	0.809513	0.810	484.4743	483.694	1.093
11.900	0.000874	0.812364	0.813	484.6094	483.840	1.093
12.000	0.000877	0.815173	0.816	484.7425	483.984	1.092
12.100	0.000880	0.817942	0.819	484.8737	484.126	1.092
12.200	0.000883	0.820671	0.822	485.0028	484.266	1.092
12.300	0.000886	0.823360	0.824	485.1301	484.404	1.092
12.400	0.000889	0.826010	0.827	485.2554	484.540	1.092
12.500	0.000891	0.828621	0.830	485.3789	484.673	1.092
12.600	0.000894	0.831195	0.832	485.5005	484.805	1.092
12.700	0.000897	0.833731	0.835	485.6203	484.935	1.092
12.800	0.000900	0.836229	0.837	485.7383	485.063	1.092
12.900	0.000902	0.838692	0.840	485.8545	485.189	1.092
13.000	0.000905	0.841118	0.842	485.9690	485.313	1.092

13.100	0.000907	0.843508	0.844	486.0818	485.435	1.092
13.200	0.000910	0.845864	0.847	486.1929	485.555	1.092
13.300	0.000913	0.848185	0.849	486.3023	485.674	1.092
13.400	0.000915	0.850472	0.851	486.4100	485.791	1.091
13.500	0.000917	0.852725	0.854	486.5162	485.906	1.091
13.600	0.000920	0.854945	0.856	486.6207	486.019	1.091
13.700	0.000922	0.857132	0.858	486.7237	486.131	1.091
13.800	0.000924	0.859287	0.860	486.8251	486.241	1.091
13.900	0.000927	0.861410	0.862	486.9250	486.349	1.091
14.000	0.000929	0.863502	0.864	487.0233	486.456	1.091
14.100	0.000931	0.865562	0.866	487.1202	486.561	1.091
14.200	0.000933	0.867592	0.869	487.2156	486.665	1.091
14.300	0.000935	0.869592	0.871	487.3096	486.767	1.091
14.400	0.000938	0.871563	0.873	487.4021	486.867	1.091
14.500	0.000940	0.873504	0.874	487.4933	486.966	1.091
14.600	0.000942	0.875416	0.876	487.5831	487.064	1.091
14.700	0.000944	0.877300	0.878	487.6715	487.160	1.091
14.800	0.000946	0.879155	0.880	487.7585	487.255	1.090
14.900	0.000948	0.880983	0.882	487.8443	487.348	1.090
15.000	0.000950	0.882784	0.884	487.9287	487.440	1.090
15.100	0.000952	0.884558	0.886	488.0119	487.530	1.090
15.200	0.000953	0.886305	0.887	488.0938	487.619	1.090

15.300	0.000955	0.888027	0.889	488.1744	487.707	1.090
15.400	0.000957	0.889722	0.891	488.2538	487.793	1.090
15.500	0.000959	0.891392	0.892	488.3320	487.878	1.090
15.600	0.000961	0.893037	0.894	488.4091	487.962	1.090
15.700	0.000962	0.894657	0.896	488.4849	488.044	1.090
15.800	0.000964	0.896253	0.897	488.5596	488.125	1.090
15.900	0.000966	0.897825	0.899	488.6331	488.205	1.090
16.000	0.000967	0.899374	0.900	488.7056	488.284	1.090
16.100	0.000969	0.900899	0.902	488.7769	488.362	1.089
16.200	0.000971	0.902401	0.903	488.8471	488.438	1.089
16.300	0.000972	0.903881	0.905	488.9163	488.513	1.089
16.400	0.000974	0.905338	0.906	488.9844	488.588	1.089
16.500	0.000975	0.906773	0.908	489.0515	488.661	1.089
16.600	0.000977	0.908187	0.909	489.1175	488.732	1.089
16.700	0.000978	0.909579	0.911	489.1825	488.803	1.089
16.800	0.000980	0.910951	0.912	489.2465	488.873	1.089
16.900	0.000981	0.912301	0.913	489.3096	488.942	1.089
17.000	0.000983	0.913631	0.915	489.3717	489.009	1.089
17.100	0.000984	0.914941	0.916	489.4328	489.076	1.089
17.200	0.000986	0.916232	0.917	489.4930	489.141	1.089
17.300	0.000987	0.917502	0.918	489.5523	489.206	1.089
17.400	0.000988	0.918754	0.920	489.6106	489.269	1.089

17.500	0.000990	0.919986	0.921	489.6681	489.332	1.088
17.600	0.000991	0.921200	0.922	489.7247	489.394	1.088
17.700	0.000992	0.922395	0.923	489.7804	489.454	1.088
17.800	0.000993	0.923572	0.925	489.8353	489.514	1.088
17.900	0.000995	0.924732	0.926	489.8893	489.573	1.088
18.000	0.000996	0.925873	0.927	489.9425	489.631	1.088
18.100	0.000997	0.926998	0.928	489.9949	489.688	1.088
18.200	0.000998	0.928105	0.929	490.0464	489.744	1.088
18.300	0.000999	0.929195	0.930	490.0972	489.799	1.088
18.400	0.001001	0.930269	0.931	490.1472	489.854	1.088
18.500	0.001002	0.931327	0.932	490.1964	489.908	1.088
18.600	0.001003	0.932368	0.933	490.2449	489.960	1.088
18.700	0.001004	0.933393	0.934	490.2926	490.012	1.088
18.800	0.001005	0.934403	0.935	490.3396	490.064	1.087
18.900	0.001006	0.935398	0.936	490.3858	490.114	1.087
19.000	0.001007	0.936377	0.937	490.4314	490.164	1.087
19.100	0.001008	0.937341	0.938	490.4762	490.213	1.087
19.200	0.001009	0.938291	0.939	490.5204	490.261	1.087
19.300	0.001010	0.939226	0.940	490.5639	490.308	1.087
19.400	0.001011	0.940146	0.941	490.6067	490.355	1.087
19.500	0.001012	0.941053	0.942	490.6488	490.401	1.087
19.600	0.001013	0.941946	0.943	490.6903	490.446	1.087

19.700	0.001014	0.942825	0.944	490.7312	490.491	1.087
19.800	0.001015	0.943691	0.945	490.7714	490.535	1.087
19.900	0.001016	0.944543	0.946	490.8110	490.578	1.087
20.000	0.001017	0.945383	0.946	490.8500	490.620	1.087
20.100	0.001018	0.946209	0.947	490.8884	490.662	1.087
20.200	0.001019	0.947023	0.948	490.9262	490.704	1.086
20.300	0.001019	0.947824	0.949	490.9634	490.744	1.086
20.400	0.001020	0.948613	0.950	491.0000	490.784	1.086
20.500	0.001021	0.949390	0.950	491.0361	490.823	1.086
20.600	0.001022	0.950156	0.951	491.0716	490.862	1.086
20.700	0.001023	0.950909	0.952	491.1066	490.900	1.086
20.800	0.001024	0.951651	0.953	491.1410	490.938	1.086
20.900	0.001024	0.952381	0.953	491.1749	490.975	1.086
21.000	0.001025	0.953100	0.954	491.2082	491.011	1.086
21.100	0.001026	0.953808	0.955	491.2411	491.047	1.086
21.200	0.001027	0.954506	0.956	491.2734	491.083	1.086
21.300	0.001027	0.955192	0.956	491.3053	491.117	1.086
21.400	0.001028	0.955868	0.957	491.3366	491.152	1.086
21.500	0.001029	0.956534	0.958	491.3675	491.185	1.085
21.600	0.001030	0.957189	0.958	491.3979	491.218	1.085
21.700	0.001030	0.957834	0.959	491.4278	491.251	1.085
21.800	0.001031	0.958470	0.960	491.4573	491.283	1.085

21.900	0.001032	0.959095	0.960	491.4862	491.315	1.085
22.000	0.001032	0.959711	0.961	491.5148	491.346	1.085
22.100	0.001033	0.960317	0.961	491.5429	491.377	1.085
22.200	0.001034	0.960915	0.962	491.5706	491.407	1.085
22.300	0.001034	0.961502	0.963	491.5978	491.437	1.085
22.400	0.001035	0.962081	0.963	491.6246	491.466	1.085
22.500	0.001035	0.962651	0.964	491.6510	491.495	1.085
22.600	0.001036	0.963212	0.964	491.6770	491.523	1.085
22.700	0.001037	0.963765	0.965	491.7026	491.551	1.085
22.800	0.001037	0.964309	0.965	491.7278	491.579	1.084
22.900	0.001038	0.964844	0.966	491.7526	491.606	1.084
23.000	0.001038	0.965372	0.966	491.7771	491.633	1.084
23.100	0.001039	0.965891	0.967	491.8011	491.659	1.084
23.200	0.001039	0.966402	0.967	491.8248	491.685	1.084
23.300	0.001040	0.966905	0.968	491.8481	491.710	1.084
23.400	0.001040	0.967401	0.968	491.8710	491.735	1.084
23.500	0.001041	0.967889	0.969	491.8936	491.760	1.084
23.600	0.001042	0.968369	0.969	491.9159	491.784	1.084
23.700	0.001042	0.968842	0.970	491.9377	491.808	1.084
23.800	0.001043	0.969308	0.970	491.9593	491.832	1.084
23.900	0.001043	0.969766	0.971	491.9805	491.855	1.084
24.000	0.001043	0.970217	0.971	492.0014	491.878	1.084

24.100	0.001044	0.970662	0.972	492.0220	491.900	1.083
24.200	0.001044	0.971099	0.972	492.0422	491.922	1.083
24.300	0.001045	0.971530	0.973	492.0621	491.944	1.083
24.400	0.001045	0.971954	0.973	492.0818	491.965	1.083
24.500	0.001046	0.972372	0.973	492.1011	491.987	1.083
24.600	0.001046	0.972783	0.974	492.1201	492.007	1.083
24.700	0.001047	0.973188	0.974	492.1388	492.028	1.083
24.800	0.001047	0.973586	0.975	492.1573	492.048	1.083
24.900	0.001048	0.973978	0.975	492.1754	492.068	1.083
25.000	0.001048	0.974365	0.975	492.1933	492.087	1.083
25.100	0.001048	0.974745	0.976	492.2109	492.107	1.083
25.200	0.001049	0.975119	0.976	492.2282	492.125	1.083
25.300	0.001049	0.975488	0.977	492.2452	492.144	1.083
25.400	0.001050	0.975851	0.977	492.2620	492.162	1.083
25.500	0.001050	0.976208	0.977	492.2785	492.180	1.082
25.600	0.001050	0.976560	0.978	492.2948	492.198	1.082
25.700	0.001051	0.976906	0.978	492.3108	492.216	1.082
25.800	0.001051	0.977247	0.978	492.3266	492.233	1.082
25.900	0.001051	0.977583	0.979	492.3421	492.250	1.082
26.000	0.001052	0.977913	0.979	492.3574	492.267	1.082
26.100	0.001052	0.978238	0.979	492.3724	492.283	1.082
26.200	0.001052	0.978559	0.980	492.3872	492.299	1.082

26.300	0.001053	0.978874	0.980	492.4018	492.315	1.082
26.400	0.001053	0.979185	0.980	492.4161	492.331	1.082
26.500	0.001053	0.979490	0.981	492.4303	492.346	1.082
26.600	0.001054	0.979791	0.981	492.4442	492.362	1.082
26.700	0.001054	0.980088	0.981	492.4579	492.377	1.082
26.800	0.001054	0.980379	0.981	492.4713	492.391	1.081
26.900	0.001055	0.980666	0.982	492.4846	492.406	1.081
27.000	0.001055	0.980949	0.982	492.4977	492.420	1.081
27.100	0.001055	0.981227	0.982	492.5105	492.434	1.081
27.200	0.001056	0.981501	0.983	492.5232	492.448	1.081
27.300	0.001056	0.981771	0.983	492.5357	492.462	1.081
27.400	0.001056	0.982037	0.983	492.5479	492.475	1.081
27.500	0.001056	0.982298	0.983	492.5600	492.488	1.081
27.600	0.001057	0.982556	0.984	492.5719	492.501	1.081
27.700	0.001057	0.982809	0.984	492.5836	492.514	1.081
27.800	0.001057	0.983059	0.984	492.5951	492.527	1.081
27.900	0.001058	0.983304	0.984	492.6065	492.539	1.081
28.000	0.001058	0.983546	0.985	492.6177	492.551	1.081
28.100	0.001058	0.983784	0.985	492.6287	492.563	1.080
28.200	0.001058	0.984019	0.985	492.6395	492.575	1.080
28.300	0.001059	0.984249	0.985	492.6502	492.587	1.080
28.400	0.001059	0.984477	0.986	492.6606	492.598	1.080

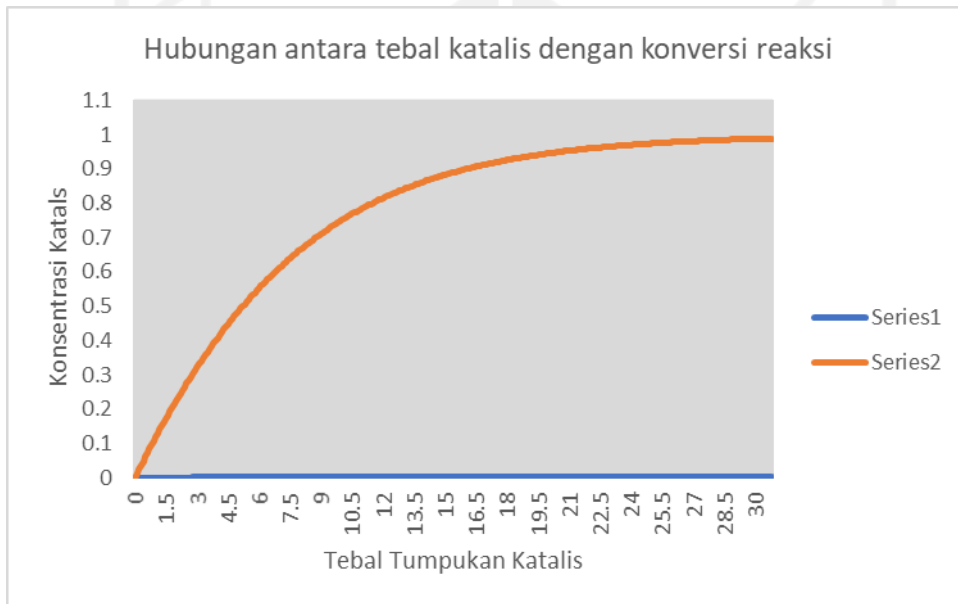
28.500	0.001059	0.984700	0.986	492.6710	492.610	1.080
28.600	0.001059	0.984921	0.986	492.6811	492.621	1.080
28.700	0.001059	0.985137	0.986	492.6912	492.632	1.080
28.800	0.001060	0.985351	0.986	492.7010	492.642	1.080
28.900	0.001060	0.985561	0.987	492.7107	492.653	1.080
29.000	0.001060	0.985768	0.987	492.7203	492.663	1.080
29.100	0.001060	0.985971	0.987	492.7297	492.674	1.080
29.200	0.001061	0.986172	0.987	492.7389	492.684	1.080
29.300	0.001061	0.986369	0.987	492.7481	492.694	1.080
29.400	0.001061	0.986564	0.988	492.7570	492.704	1.079
29.500	0.001061	0.986755	0.988	492.7659	492.713	1.079
29.600	0.001061	0.986943	0.988	492.7746	492.723	1.079
29.700	0.001062	0.987129	0.988	492.7831	492.732	1.079
29.800	0.001062	0.987311	0.988	492.7915	492.741	1.079
29.900	0.001062	0.987491	0.989	492.7998	492.750	1.079
30.000	0.001062	0.987668	0.989	492.8080	492.759	1.079
30.100	0.001062	0.987842	0.989	492.8161	492.768	1.079
30.200	0.001063	0.988014	0.989	492.8240	492.777	1.079
30.300	0.001063	0.988183	0.989	492.8318	492.785	1.079
30.400	0.001063	0.988349	0.989	492.8394	492.794	1.079
30.500	0.001063	0.988512	0.990	492.8470	492.802	1.079
30.600	0.001063	0.988674	0.990	492.8544	492.810	1.079

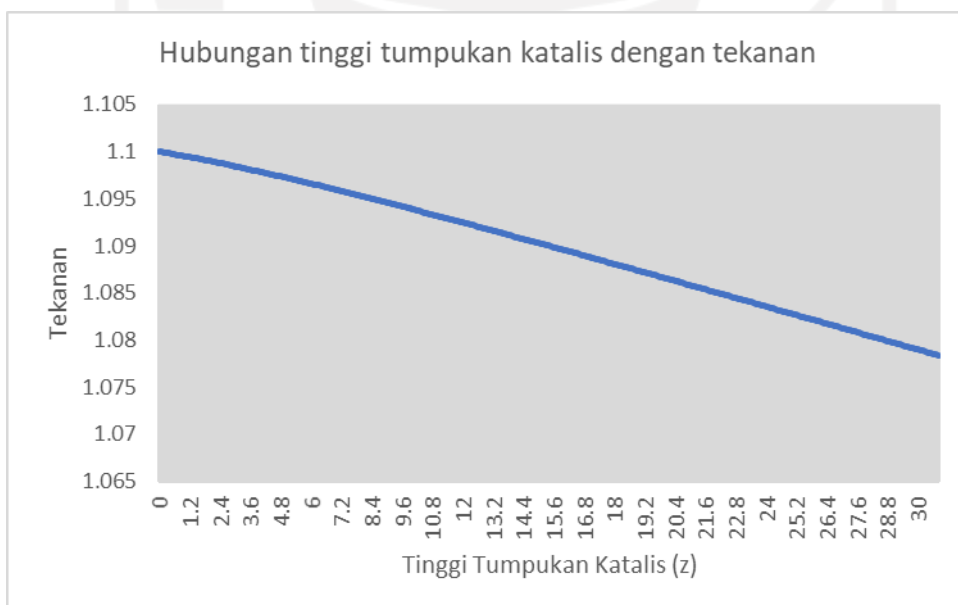
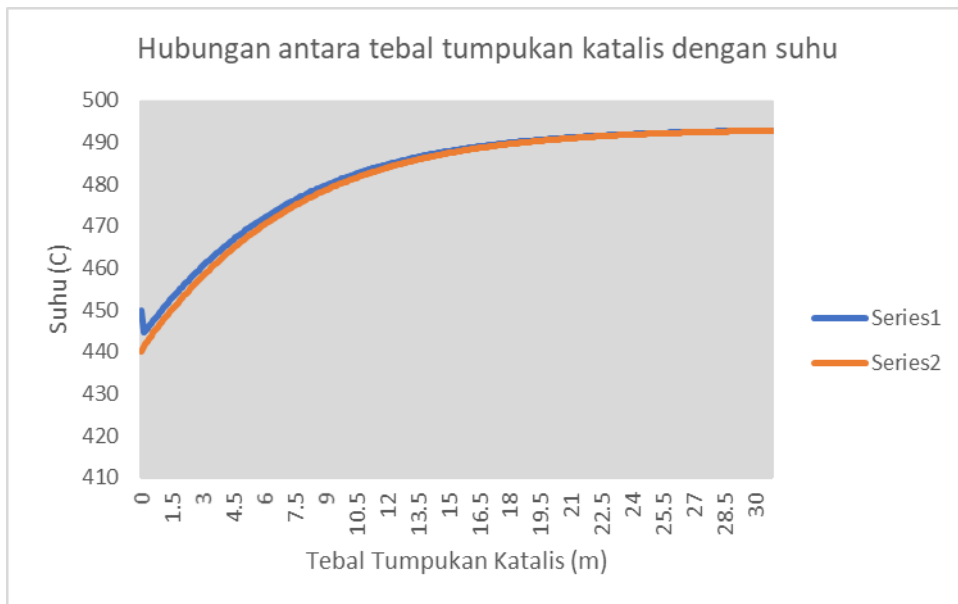
30.700	0.001063	0.988832	0.990	492.8618	492.818	1.078
30.767	0.001064	0.988937	0.990	492.8666	492.823	1.078

Dipilih

Konversi ke 1 : 0.001064

Konversi ke 2 : 0.988937





Neraca Massa

Komponen	BM	MASUK	KELUAR

		MOL	MASSA	MOL	MASSA
H2	2	102	204.812	19.5264	39.053
CO2	44	0	0.000	27.6199	1215.274
C3H8	44	0	0.000	9.2066	405.091
C5H12	72	0	0.000	27.6199	1988.631
C12H26	170	0	0.000	27.6199	4695.378
C17H36	240	0	0.000	0.0000	0.000
C19H36O2	296	0	0.000	0.0297	8.792
C57H104O6	884	9	8229.700	0.0931	82.292
TOTAL			8434.511		8434.511

Diameter luar pipa (OD) : 0,6 m

Diameter dalam pipa (ID) : 0,053 m

Jumlah pipa : 8552 batang

Susunan : 75,56 mm bujur sangkar

Diameter selongsong : 7,87 m

Jenis baffle : segmental

Jarak antar baffle : 1,6 m

Tebal tumpukan katalis : 30,767 m

Suhu gas masuk : 450 C

Suhu gas keluar : 492 C

Suhu pendingin masuk : 440 C

Suhu pendingin keluar : 492 C

Massa pendingin	: 30000 kg/jam
Tekanan masuk	: 1,1 atm
Tekanan keluar	: 1,08 atm
<i>Pressure drop</i>	: 0,02 atm
<i>Pitch</i>	: 0,015

9. Perhitungan Pelengkap

Perhitungan pelengkap terdiri dari :

a. Tebal dinding selongsong dan penutup reactor

1. Tebal dinding selongsong

Dihitung dengan persamaan 13.42 Sinnott, Chemical Engineering Design Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design, (2008), Mc.Graw Hill

$$ts = \frac{P_{gauge} Ids}{4 f \varepsilon + 0.8 P_{gauge}} + C'$$

Keterangan :

C' : Faktor korosi [m]

fall : Allowable stress [Pa]

P_{gauge} : Tekanan perancangan menurut alatukur [Pa]

Ids : Diameter dalam selongsong [m]

ts : tebal dinding selongsong [m]

Ids : Diameter selongsong [m]

Ids : 7,867 m

Tekanan operasi media pendingin : 1,1 atm

Tekanan perancangan

Dirancang : Slongsong mampu menahan tekanan sebesar 50% lebih tinggi dari tekanan operasi

(Meggyessy, "Pressure vessel handbook", Butherfold, London (1999), halamn 17)

$P_{design} = 150\% \times 1,1 \text{ atm}$

$P_{design} = 303,975 \text{ Pa}$

$P_{gauge} = 303,975 \text{ Pa} - 101,325 \text{ Pa}$

$= 202,650 \text{ Pa}$

Bahan konstruksi: dipilih baja karbon A 285

Allowable stress, fall = 12900 psi

(Sinnott, "Chemical Engineering Design Principles , Practice and Economics of Plant and Process Design", halaman 982)

Fall = 12900 psi

Fall = 88,917,857.14 Pa

$C' = 0,003 \text{ m}$

Effisiensi sambungan

$\epsilon = 90\%$

Tabel 13.2 Brownell and Young

$T_s = 0,013 \text{ m}$

2. Tebal penutup

Dipilih jenis ellipsoidal

Pemilihan jenis tutup dapat dibaca pada, Sinnott, "Chemical Engineering Design Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design (2008), Butterworth, halaman 987)

tebal penutup dihitung dengan persamaan :

$$th = \frac{P_{gauge} Ids}{4 fall - 0.4 P_{gauge}} + C'$$

Sinnott, halaman 990

Keterangan

C' : faktor korosi [m]

fall : tegangan yang diijinkan Pa

Ids : Diameter dalam selongsong [m]

P_{gauge} : Tekanan alat ukur [Pa]

Th : Tebal penutup [m]

Tekanan operasi : 1,1 atm

Tekanan perancangan = 120% X 1,1 atm

= 1,32 atm

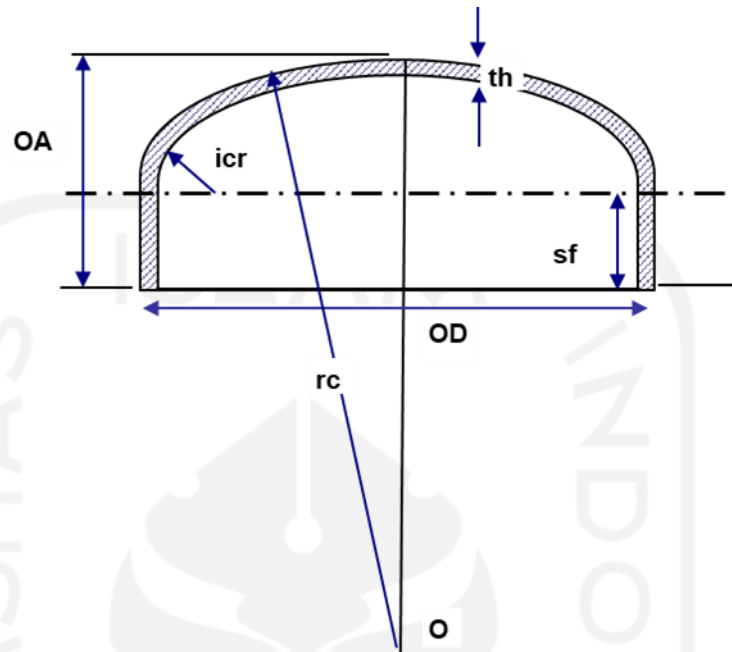
Tekanan alat ukur = 1,32 atm – 1,013 atm

= 0,03 atm

= 31,081.44 Pa

Th = 0,012 m

3. Tinggi penutup



Keterangan :

Icr : jari jari sudut internal (m)

Rc : Jari jari kelengkungan (m)

sf : Flange lurus (m)

th : tebal penutup (m)

OA : Tinggi penutup (m)

Tinggi penutup dihitung dengan persamaan:

$$OA = th + b + sf$$

$$b = r - \sqrt{BC^2 - AB^2}$$

$$BC = r - icr$$

$$AB = \frac{Ids}{2} - icr$$

Nilai sf diperoleh dari tabel 5.6 Brownell dan Young , Process Equipment Design, (1959), John Willey and son, New York

Nilai sf berkisar antara 1½ in sampai 3½ in

Dipilih sf = 3,5 in

$$= 0,09 \text{ m}$$

r = ids = 7,867 m

icr = 0,1842 m

b = 1,16

OA = 1,26 m

Tinggi total

Htotal = tinggi katalis + 2 x ballast + 2 x tinggi head

Tinggi ballast = 2,5 in (Rase , H.F., Chemical Reactor Design , John Willey 1977)

Tinggi ballast = 0,063 m

Tinggi total = 30,767 m + 2 x 0,063 m + 1,26 m

$$= 33,42 \text{ m}$$

b. Isolator

Untuk menjaga keamanan lingkungan, dinding luar diberi isolator

Suhu udara , $T_u = 30 \text{ C}$

Dirancang : Suhu dinding luar isolator , $T_i = 80 \text{ C}$

Bahan Isolator : Dipilih Glass fiber

Pilihan bahan isolator didasarkan :

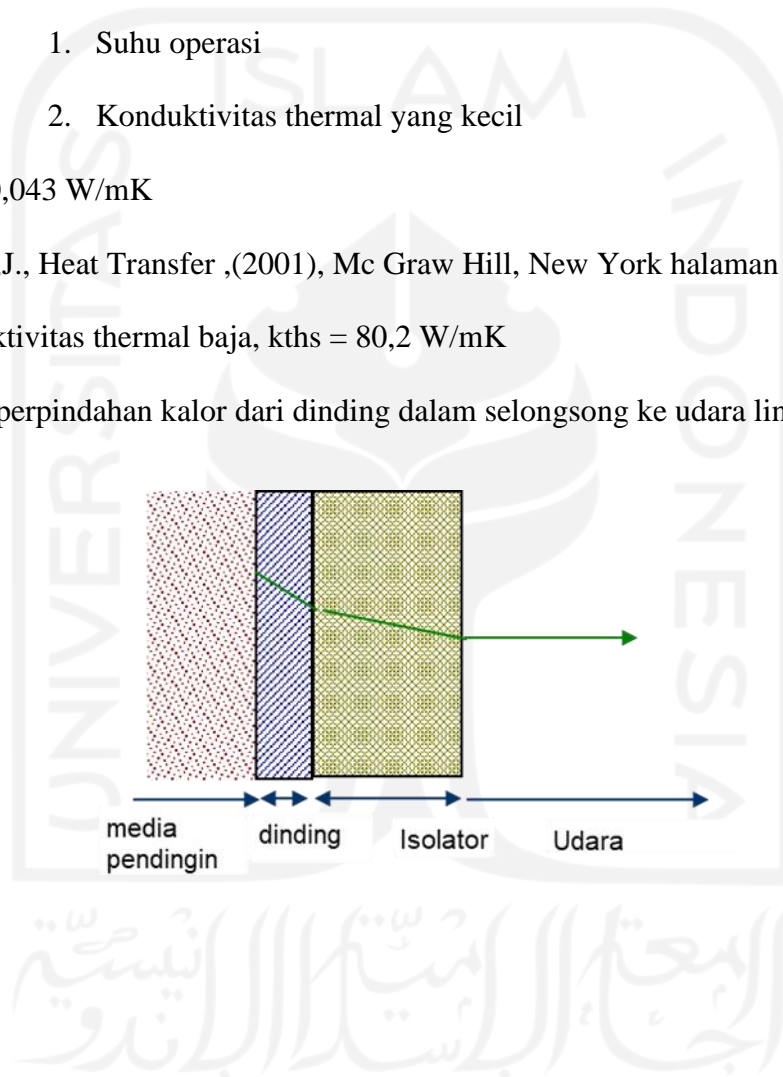
1. Suhu operasi
2. Konduktivitas thermal yang kecil

$K_{th} = 0,043 \text{ W/mK}$

Cengel,J., Heat Transfer ,(2001), Mc Graw Hill, New York halaman 20

Konduktivitas thermal baja, $k_{th} = 80,2 \text{ W/mK}$

Sketsa perpindahan kalor dari dinding dalam selongsong ke udara lingkungan



Keterangan :

x_s : Tebal dinding selongsong [m]

x_i : Tebal dinding isolator [m]

T_p : suhu media pendingin [K]

T_s' : Suhu permukaan dalam selongsong [K]

T_s'' : Suhu permukaan luar selongsong [K]

t_i : Suhu dinding luar isolator [K]

t_u : Suhu udara lingkungan [K]

Assumsi :

Suhu permukaan dinding dalam selongsong = suhu media pendingin

Perpindahan kalor terjadi dalam keadaan tunak

Perpindahan kalor yang terjadi :

1. Perpindahan kalor secara konduksi dari dinding dalam selongsong ke dinding luar selongsong

mengikuti persamaan :

$$q = kths \frac{T_p - t_s''}{xs}$$

2. Perpindahan kalor secara konduksi dari dinding dalam isolator ke dinding luar isolator

mengikuti persamaan :

$$q = kthi \frac{t_s'' - t_i}{xi}$$

3. Perpindahan kalor secara koveksi dan radiasi dari permukaan isolator ke udara lingkungan

a. Perpindahan kalor secara konveksi :

mengikuti persamaan :

$$qc = hc (ti - tu)$$

hc = koefisien perpindahan kalor secara konveksi ke udara lingkungan [kJ/m²sK]

Dihitung dengan persamaan :

$$hc = 0.3 \times [ti - tu] \text{ 0.25 Btu /jam ft}^2 \text{ F [Kern D.Q]}$$

ti = Suhu isolator dalam F = 176 F

Tu = Suhu udara lingkungan F = 86 F

$$Hc = 0,924 \text{ Btu /jam ft}^2 \text{ F [Kern D.Q]}$$

$$Hc = 0,005 \text{ kJ /m}^2\text{sK}$$

xs : tebal dinding selongsong = 0,013 m

kths : konduktivitas thermal baja = 80,2 m

kthi : Konduktivitas thermal isolator = 0,043 m

$$xi = 0,377 \text{ m}$$

Neraca Panas

Kecepatan panas masuk

Tmasuk = 450 C

Treff = 25 C

komponen	kg/jam	icpdt	m icpdt
H2	204.812	5156.332	1056076.198
CO2	0.000	421.369	0.000
C3H8	0.000	1428.372	0.000
C5H12	0.000	1231.891	0.000
C12H26	0.000	1217.222	0.000
C17H36	0.000	1239.136	0.000
C19H36O2	0.000	811.574	0.000
C57H104O6	8229.700	250.449	2061116.413
TOTAL	8434.511		3,117,192.61

Kecepatan panas keluar

Tkeluar = 493 C

Treff = 25 C

komponen	kg/jam	icpdt	m icpdt
H2	39.053	5506.746	215053.373
CO2	1215.274	468.140	568918.886
C3H8	405.091	1666.541	675101.392
C5H12	1988.631	1415.472	2814850.120

C12H26	4695.378	1398.615	6567024.496
C17H36	0.000	1426.810	0.000
C19H36O2	8.792	897.768	7893.615
C57H104O6	82.292	275.979	22710.917
TOTAL	8434.511		10,871,552.80

Pendingin

Tp1 = 440 C

Tp2 = 469 C

Treff = 25 C

Q pendingin masuk = 11,270,242,118 kg/jam

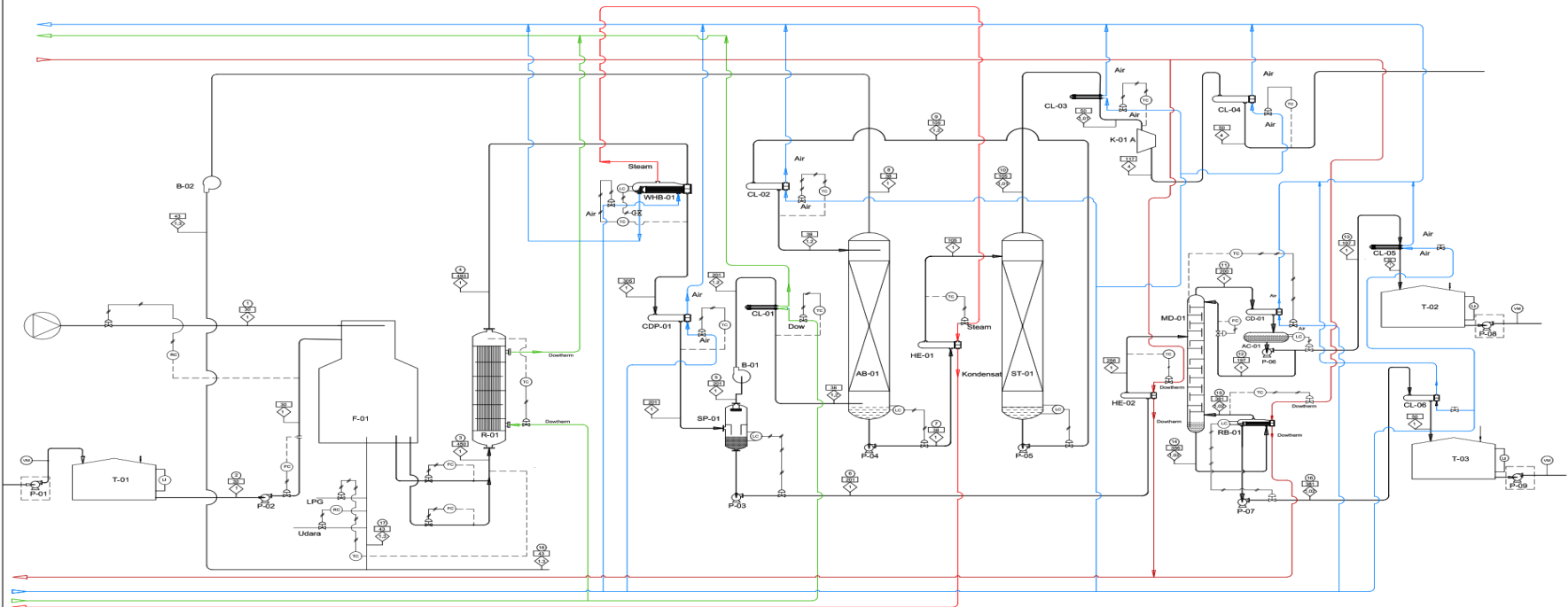
Q pendingin keluar = 13,134,358,874 kg/jam

Total masuk = 13,145,230,426.62 kg/jam

Total Keluar = 13,145,230,426.62 kg/jam



PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK BIOGASOLINE DARI MINYAK JELANTAH
KAPASITAS :15 000 ton/tahun



NERACA MASSA (kg/jam)

KOMPONEN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
H ₂	204,81			204,81	39,05	39,05		39,05										21,23	17,81
CO ₂				1215,27	1215,27				1215,27									220,30	184,78
C ₂ H ₆				405,09	405,09			405,09											
C ₂ H ₄				1880,63		1880,63				2102,30	115,68	1085,64	71,30	69,31	1,99				
C ₂ H ₂				4855,38		4855,38				4,97	0,27	4,70	8480,88	4798,20	4850,88				
C ₂ H ₆ O				8,78		8,78				0,01	0,001	0,01	10,84	2,05	8,78				
C ₂ H ₄ O		8226,70	8226,70	82,29		82,29				0,09	0,005	0,08	94,38	12,14	82,21				
H ₂ O							10971,84	11469,65											
C ₂ H ₅ OH							1180,87	2897,41											
C ₂ H ₅ OH ₂ CO ₂							3390,73												
TOTAL	204,81	8226,70	8434,51	8424,51	1698,42	6775,09	15552,34	444,14	14337,07	1215,27	2107,36	115,94	1991,43	9663,37	4879,70	4783,06	241,53	202,59	

Keterangan

AC	Reaktor
AB	Absorber
B	Bejana
CD	Kondensator
CDP	Kondensator Pakat
CL	Pendingin
F	Furnas
F	Fermenter
K	Kolom
MS	Mesin Steamer
P	Pompa
R	Reaktor
RB	Reaktor
SP	Separator
ST	Struktur
T	Tangki
WB	Wadah Hutan Bakar

Pengendali

FC	Pengendali arus
LC	Pengendali ketinggian
LM	Pengendali tekanan
PC	Pengendali tekanan
HC	Pengendali suhu
TC	Pengendali suhu
VM	Pengukur volume

Simbol

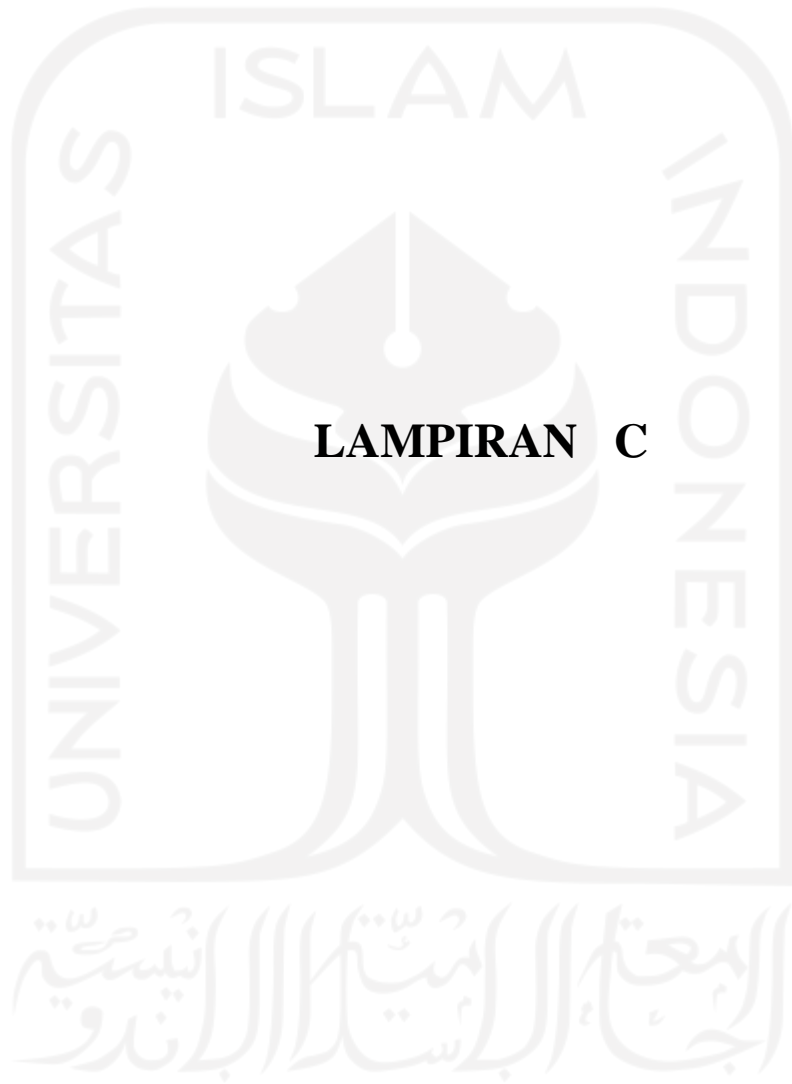
○	Nomor
○	Reus
○	Suhu, C
□	Tekanan
◇	Alfa
◇	Pipa
◇	Udara
◇	Isolasi
◇	Listrik
◇	Steam
◇	Dow
◇	Pendingin
◇	Dow
◇	Pemanas
◇	Air

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK BIOGASOLIN DARI MINYAK JELANTAH
KAPASITAS PRODUKSI : 15000 TON/TAHUN

Dikerjakan Oleh :	No Induk Mahasiswa
NAMA : 1. DEWI RAHAYU 2. LISA ANGGRANI	18521166 18521177

PEMBIMBING : 1. Dr. ARIF HIDAYAT, S.T., M.T.
2. AJENG YULIANI DWI LESTARI, S.T., M.T.

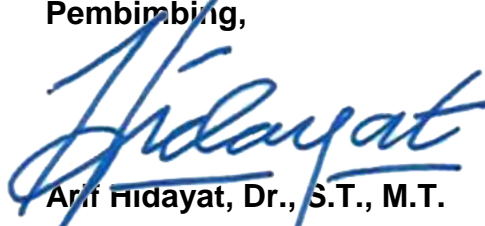


KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Dewi Rahayu
No. MHS : 18521166
2. Nama Mahasiswa : Lisa Anggraini
No. MHS : 18521177
- Judul Prarancangan *) : PRA RANCANGAN PABRIK BIOGASOLIN DARI
MINYAK JELANTAH
- Mulai Masa Bimbingan : **5 Juni 2022**
- Batas Akhir Bimbingan : **2 Desember 2022**

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	6 Juni 2022	Konsultasi judul pra rancangan pabrik kimia	
2	15 Juni 2022	Proses reaksi <i>hydrocracking</i>	
3	28 Juni 2022	Kinetika reaksi pembentukan biogasolin	
4	12 Juli 2022	Pemilihan alat proses dan membuat <i>block flow diagram</i>	
5	20 Juli 2022	Menghitung neraca massa	
6	26 Juli 2022	Mempelajari pemodelan matematis	
7	1 Agustus 2022	Menentukan persamaan kecepatan reaksi	
8	11 Agustus 2022	Mempelajari analisis numerik Runge-Kutta	
9	25 Agustus 2022	Menghitung perancangan reaktor	
10	6 September 2022	Perhitungan alat besar	
11	12 September 2022	Membahas <i>layout</i> pabrik dan <i>layout</i> alat	
12	23 September 2022	Perhitungan alat kecil	
13	10 Oktober 2022	Membahas PEFD	
14			

Disetujui Draft Penulisan:
Yogyakarta, 19 Oktober 2022
Pembimbing,


Arif Hidayat, Dr., S.T., M.T.

*) **Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok**

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan PraRancangan
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Dewi Rahayu
No. MHS : 18521166
2. Nama Mahasiswa : Lisa Anggraini
No. MHS : 18521177
- Judul Prarancangan *) : PRA RANCANGAN PABRIK
BIOGASOLIN DARI MINYAK JELANTAH
- Mulai Masa Bimbingan : **5 Juni 2022**
- Batas Akhir Bimbingan : **2 Desember 2022**

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	9 Juni 2022	Konsultasi judul pra rancangan pabrik kimia	
2	20 Juli 2022	Mencari reaksi pembentukan produk	
3	26 Agustus 2022	Menentukan kapasitas pabrik dan neraca massa	
4	6 September 2022	Menjelaskan <i>flow diagram</i>	
5	8 September 2022	Membahas perhitungan alat	
6	22 September 2022	Membahas PEFD dan perancangan proses	
7	25 September 2022	Menghitung neraca panas	
8	28 September 2022	Menentukan spesifikasi alat	
9	29 September 2022	Menentukan lokasi pabrik dan struktur perusahaan	
10	4 Oktober 2022	Merancang unit utilitas pabrik	
11	10 Oktober 2022	Menghitung evaluasi ekonomi	

Disetujui Draft Penulisan:
Yogyakarta, 19 Oktober 2022
Pembimbing,



Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T.