



**TUGAS DESAIN PABRIK KIMIA – TK184803**

**PRA DESAIN PABRIK MINYAK PELUMAS DASAR  
GOLONGAN V DARI MINYAK PELUMAS BEKAS**

**Oleh:**

**Dimas Kusuma Eryzal**

**NRP 0221154000083**

**Khurotul A'yunin**

**NRP 0221154000133**

**Dosen Pembimbing 1**

**Prof. Ir. Renanto, M.Sc., Ph.D.**

**NIP. 19530719 197803 1 001**

**Dosen Pembimbing 2**

**Juwari S.T., M.Eng., Ph.D.**

**NIP. 19730615 199903 1 003**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2019**



**PLANT DESIGN PROJECT – TK184803**

**PRE DESIGN OF GROUP V LUBE BASE OIL PLANT  
FROM USED LUBE OIL**

**Written by:**

**Dimas Kusuma Eryzal**

**NRP 0221154000083**

**Khurotul A'yunin**

**NRP 0221154000133**

**Advisor 1**

**Prof. Ir. Renanto, M.Sc., Ph.D.**

**NIP. 19530719 197803 1 001**

**Advisor 2**

**Juwari S.T., M.Eng., Ph.D.**

**NIP. 19730615 199903 1 003**

**CHEMICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2019**

# LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Tugas Desain Pabrik Kimia dengan Judul :

## “PRA-DESAIN PABRIK MINYAK PELUMAS DASAR GOLONGAN V DARI MINYAK PELUMAS BEKAS”

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Oleh :

**Dimas Kusuma Eryzal**                      **NRP. 02211540000083**  
**Khurotul A'yunin**                         **NRP. 02211540000133**

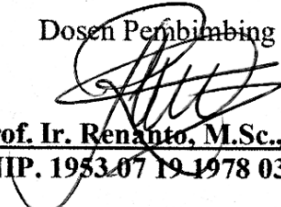
Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Desain Pabrik Kimia:

1. Prof. Dr. Ir. Gede Wibawa, M.Eng. ....
2. Dr. Kusdianto, S.T., M. Eng. ....
3. Dr. Eng. R. Darmawan, S.T., M.T. ....

Surabaya, Februari 2019

Dosen Pembimbing I

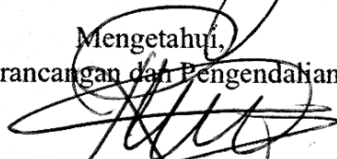
Dosen Pembimbing II

  
Prof. Ir. Renanto, M.Sc., Ph.D.  
NIP. 1953.07 19 1978 03 1001

  
Juwari, S.T., M.Eng., Ph.D.  
NIP. 1973 06 15 1999 03 1003

Mengetahui,

Ka.Lab Perancangan dan Pengendalian Proses

  
Prof. Ir. Renanto, M.Sc., Ph.D.  
NIP. 1953 07 19 1978 03 1001

## RINGKASAN

Pada tahun 2014 tercatat total kebutuhan pelumas nasional mencapai 907.000 kiloliter/tahun. Minyak pelumas (oli) banyak digunakan di industri untuk memelihara mesin peralatan produksi. Selain itu, minyak pelumas banyak dikonsumsi oleh kendaraan bermotor. Menurut survei BPS pada 2016, jumlah kendaraan bermotor di Indonesia meningkat dari tahun sebelumnya sebesar 121.394.185 unit.

Setiap penggantian minyak pelumas pada alat industri maupun kendaraan bermotor, akan dihasilkan limbah berupa minyak pelumas bekas. Minyak pelumas bekas termasuk salah satu limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun). Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 101 Tahun 2014, limbah B3 perlu diolah dengan baik agar tidak menimbulkan kerusakan lingkungan.

Salah satu cara mengurangi dampak limbah minyak pelumas bekas adalah dengan mengolahnya kembali menjadi minyak pelumas dasar. Pengolahan minyak pelumas bekas ini juga dapat menghemat konsumsi bahan baku minyak pelumas yang selama ini digunakan yaitu minyak bumi.

Oli untuk kendaraan bermotor memiliki berbagai kualitas, tergantung kualitas minyak pelumas dasar atau *lube base oil*. *Lube base oil* sendiri mempunyai tingkatan dari yang terendah golongan I, sampai yang tertinggi golongan V. Golongan V lebih unggul dalam mengurangi keausan mesin, menghemat bahan bakar, memperpanjang masa pakai mesin, serta lebih ramah.

Hingga saat ini, oli yang menggunakan ester, seluruhnya diproduksi di luar negeri, dan ketersediaannya sangat sedikit di Indonesia. Hal tersebut membuka peluang untuk memproduksi produk minyak pelumas ester (golongan V).

Pabrik pengolahan minyak pelumas bekas menjadi minyak pelumas dasar golongan V dalam perencanaannya akan didirikan di Gresik. Hal tersebut didasarkan ketersediaan lahan, jalur transportasi, tenaga kerja, kedekatan dengan bahan baku serta sumber utilitas, faktor keamanan dan lingkungan.

Proses yang dipilih dalam pabrik ini adalah hidrogenasi dengan didasarkan dari jurnal-jurnal yang berkaitan dengan proses pembuatan bahan-bahan yang dibutuhkan untuk memproduksi Polyolester Pelumas Golongan V.

Produk yang dihasilkan oleh pabrik ini adalah Minyak Pelumas Dasar Golongan V. Produk ini biasanya disebut POE atau *Polyolester*. Produk ini dikategorikan sebagai minyak pelumas sintesis.

Berdasarkan ketersediaan minyak pelumas bekas, maka diambil 10% atau 2889 kL tiap tahun sebagai bahan baku pabrik. Pabrik berjalan dengan kapasitas 2638 kg minyak pelumas bekas tiap jam. Dari minyak pelumas bekas tersebut telah melalui berbagai tahap sesuai *Mohawk Process* yaitu pembersihan, pembentukan *ethylene*, pembentukan *octanol*, dan pembentukan *octanoic acid* kemudian pembentukan polyolester. Polyolester yang dihasilkan adalah reaksi dari *octanoic acid* dengan TMP (*trimetilolpropane*).

Dari hasil perhitungan analisa ekonomi, didapatkan harga  $i$  (*internal rate of return*) = 39,35%. Harga  $i$  yang diperoleh lebih besar dari harga  $i$  untuk tingkat suku bunga yaitu 10,5% per tahun. Untuk pengembalian modal minimum sesuai perhitungan didapatkan bahwa pengembalian modal minimum adalah, 2,78 tahun. Hal ini menunjukkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan karena harga  $i=39,35\%$  dan POT yang didapatkan lebih kecil dari perkiraan usia pabrik yaitu 10 tahun dengan nilai BEP sebesar 25,14%.

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan berkat, rahmat serta hidayah-Nya kepada penyusun sehingga penyusun mampu menyelesaikan Tugas Pra Desain Pabrik yang berjudul **“Minyak Pelumas Dasar Golongan V dari Pelumas Bekas”** serta mampu menyelesaikan laporan ini sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penyusun banyak mendapatkan bantuan baik secara moriil maupun materiil dari beberapa pihak, Oleh karena itu, penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada:

Allah SWT yang telah memberikan ridho dan rahmat-Nya sehingga memberikan kelancaran kepada penyusun dalam menyelesaikan pra-desain pabrik ini.

1. Orang tua serta saudara-saudara kami, untuk do'a, bimbingan, perhatian, dan kasih sayang yang selalu tercurah selama ini.
2. Bapak Juwari Purwo Sutikno, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.
3. Bapak Prof. Ir. Renanto, M.Sc., Ph.D, selaku Kepala Laboratorium Perancangan dan Pengendalian Proses Departemen Teknik Kimia sekaligus Dosen Pembimbing kami, atas bimbingan dan saran yang diberikan.
4. Bapak Juwari Purwo Sutikno, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan saran yang diberikan.
5. Bapak Setiyo Gunawan, S.T., Ph.D., selaku Sekretaris Departemen Teknik Kimia FTI-ITS.

6. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Kimia FTI – ITS yang telah memberikan ilmunya kepada penyusun serta seluruh karyawan Departemen Teknik Kimia.
7. Semua teman-teman seperjuangan anggota Laboratorium Perancangan dan Pengendalian Proses Departemen Teknik Kimia serta kakak-kakak tercinta yang membantu memberikan *support* dan keceriaan.
8. Teman-teman K-55 yang telah menemani selama suka duka pembuatan tugas akhir ini.

Penyusun menyadari bahwa laporan ini masih berada jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat konstruktif dari semua pihak bagi kesempurnaan laporan ini.

Penyusun berharap pula laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan bagi penyusun pada khususnya. Terima kasih.

Surabaya, 17 Januari 2019

Penyusun

# DAFTAR ISI

COVER.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
RINGKASAN .....	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	I-1
BAB II BASIS DESAIN DATA .....	II-1
II.1 pasitas.....	II-1
II.2 Lokasi.....	II-4
II.3 Kualitas Bahan Baku dan Produk.....	II-9
BAB III SELEKSI DAN URAIAN PROSES .....	III-1
III.1 Jenis Proses .....	III-1
III.2 Perbandingan Proses .....	III-11
III.3 Pemilihan Proses.....	III-14
III.4 Uraian Proses.....	III-16
BAB IV NERACA MASSA DAN ENERGI.....	IV-1
IV.1 Neraca Massa.....	IV-1
IV.2 Neraca Energi .....	IV-27



BAB V	DAFTAR DAN HARGA PERALATAN.....	V-1
BAB VI	ANALISA EKONOMI .....	VI-1
	VI.1 Pengelolaan Sumber Daya Manusia .....	VI-1
	VI.1.1 Bentuk Badan Perusahaan .....	VI-1
	VI.1.2. Sistem Organisasi Perusahaan .....	VI-1
	VI.1.3 Perincian Jumlah Tenaga Kerja .....	VI-8
	VI.2 Utilitas.....	VI-10
	VI.2.1 Unit Pengolahan Air .....	VI-10
	VI.2.2 Unit Penyediaan Steam .....	VI-11
	VI.2.3 Unit Pembangkit Tenaga Listrik .....	VI-11
	VI.2.4 Unit Pendingin .....	VI-12
	VI.3. Analisa Ekonomi.....	VI-12
	VI.3.1 Asumsi Pehitungan.....	VI-12
	VI.3.2 Analisa Keuangan.....	VI-13
	VI.3.3 Analisa Laju Pengembalian Modal ( <i>Internal Rate of Return/IRR</i> ) .....	VI-13
	VI.3.4 Analisa Waktu Pengembalian Modal ( <i>Pay Out Time/POT</i> ).....	VI-13
	VI.3.5 Analisa Titik Impas ( <i>Break Even Point/BEP</i> ).....	VI-13
BAB VII	KESIMPULAN .....	VII-1
	DAFTAR PUSTAKA .....	xviii

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar II.1.1</b>	Petumbuhan Kendaraan Nasional.....	II-2
<b>Gambar II.2.1</b>	Peta Lokasi Pabrik .....	II-8
<b>Gambar II.2.2</b>	Denah Kawasan Industri Gresik .....	II-9
<b>Gambar III.1.1</b>	Diagram Alir Proses Mohawk .....	III-4
<b>Gambar III.1.2</b>	Diagram Alir Proses Relube .....	III-5
<b>Gambar III.1.3</b>	Diagram Alir Proses Meinken .....	III-6
<b>Gambar III.1.4</b>	Diagram Alir Proses Hylube .....	III-7
<b>Gambar III.1.5</b>	Diagram Alir Proses Snamprogetti .....	III-8
<b>Gambar III.1.6</b>	Reaksi Oksidasi Oktanol .....	III-10
<b>Gambar III.1.7</b>	Reaksi Esterifikasi secara Umum .....	III-10
<b>Gambar III.4.1</b>	Diagram Alir Proses Pabrik Minyak Pelumas Dasar Golongan V dari Minyak Pelumas Bekas .....	III-19
<b>Gambar IV.1.1</b>	Aliran Massa <i>Pre-Flash Distillation</i> <i>Column</i> .....	IV-1
<b>Gambar IV.1.2</b>	Aliran Massa <i>Gasoil Removal</i> .....	IV-3
<b>Gambar IV.1.3</b>	Aliran Massa <i>Vacuum Distillation</i> <i>Column</i> .....	IV-5
<b>Gambar IV.1.4</b>	Aliran Massa <i>Hydrodesulphurization</i> <i>Reactor</i> .....	IV-7
<b>Gambar IV.1.5</b>	Aliran Massa <i>Hydrodearomatization</i> <i>Reactor</i> .....	IV-9
<b>Gambar IV.1.6</b>	Aliran Massa <i>Catalytic Cracking</i> <i>Reactor</i> .....	IV-11
<b>Gambar IV.1.7</b>	Aliran Massa <i>Ethylene Distillation</i> <i>Column</i> .....	IV-13
<b>Gambar IV.1.8</b>	Aliran Massa <i>Ethylene Hydration</i> <i>Reactor</i> .....	IV-15
<b>Gambar IV.1.9</b>	Aliran Massa <i>Octanol-Water Flash</i> <i>Separator</i> .....	IV-16
<b>Gambar IV.1.10</b>	Aliran Massa <i>Octanol-Al(OH)<sub>3</sub> Flash</i> <i>Separator</i> .....	IV-18

<b>Gambar IV.1.11</b>	Aliran Massa <i>Octanoic Acid Reactor</i> ....	IV-19
<b>Gambar IV.1.12</b>	Aliran Massa <i>Octanoic Acid-Water Flash Separator</i> .....	IV-20
<b>Gambar IV.1.13</b>	Aliran Massa <i>Octanoic Acid-Octyl Octanoate Flash Separator</i> .....	IV-22
<b>Gambar IV.1.14</b>	Aliran Massa <i>Polyolester Reactor</i> .....	IV-23
<b>Gambar IV.1.15</b>	Aliran Massa <i>Polyolester Distillation Column</i> .....	IV-25
<b>Gambar IV.1.16</b>	Aliran Massa <i>Oxygen Plant</i> .....	IV-26
<b>Gambar IV.2.1</b>	Aliran <i>Feed Heat Exchanger</i> .....	IV-27
<b>Gambar IV.2.2</b>	Aliran <i>Pre-Flash Distillation Column</i> ..	IV-28
<b>Gambar IV.2.3</b>	Aliran <i>Gas oil Heat Exchanger</i> .....	IV-28
<b>Gambar IV.2.4</b>	Aliran <i>Gasoil Removal Column</i> .....	IV-29
<b>Gambar IV.2.5</b>	Aliran <i>Vacuum Distillation Heat Exchanger</i> .....	IV-30
<b>Gambar IV.2.6</b>	Aliran <i>Vacuum Distillation Column</i> .....	IV-31
<b>Gambar IV.2.7</b>	Aliran <i>Hydrodesulphurization Heat Exchanger</i> .....	IV-31
<b>Gambar IV.2.8</b>	Aliran <i>Hydrodesulphurization Reactor</i> .	IV-32
<b>Gambar IV.2.9</b>	Aliran <i>Hydrodearomatization Heat Exchanger</i> .....	IV-33
<b>Gambar IV.2.10</b>	Aliran <i>Hydrodearomatization Reactor</i> .	IV-33
<b>Gambar IV.2.11</b>	Aliran <i>Catalytic Cracking Heat Exchanger</i> .....	IV-34
<b>Gambar IV.2.12</b>	Aliran <i>Catalytic Cracking Reactor</i> .....	IV-35
<b>Gambar IV.2.13</b>	Aliran <i>Ethylene Distillation Heat Exchanger</i> .....	IV-35
<b>Gambar IV.2.14</b>	Aliran <i>Ethylene Distillation Column</i> ....	IV-36
<b>Gambar IV.2.15</b>	Aliran <i>Octanol Reactor Heat Exchanger</i> .....	IV-36
<b>Gambar IV.2.16</b>	Aliran <i>Ethylene Hydration Reactor</i> .....	IV-37
<b>Gambar IV.2.17</b>	Aliran <i>Octanol Flash Separator</i> .....	IV-38
<b>Gambar IV.2.18</b>	Aliran <i>H-330 Heat Exchanger</i> .....	IV-38
<b>Gambar IV.2.19</b>	Aliran <i>Octanoic Acid Heat Exchanger</i> .	IV-39
<b>Gambar IV.2.20</b>	Aliran <i>Octanoic Acid Reactor</i> .....	IV-39

<b>Gambar IV.2.21</b>	Aliran <i>H-420 Heat Exchanger</i> .....	IV-40
<b>Gambar IV.2.22</b>	Aliran <i>Octanoic Acid-Water Flash Separator</i> .....	IV-41
<b>Gambar IV.2.23</b>	Aliran <i>H-430 Heat Exchanger</i> .....	IV-41
<b>Gambar IV.2.24</b>	Aliran <i>Octanoic acid-Octyloctanoate Flash Separator</i> .....	IV-42
<b>Gambar IV.2.25</b>	Aliran <i>Polyolester Heat Exchanger</i> .....	IV-43
<b>Gambar IV.2.26</b>	Aliran <i>Polyolester Reactor</i> .....	IV-43
<b>Gambar IV.2.27</b>	Aliran <i>Polyolester Distillation Column</i>	IV-44
<b>Gambar IV.2.28</b>	Aliran <i>Polyolester Cooler</i> .....	IV-44
<b>Gambar IV.2.29</b>	Aliran <i>Water and Light Ends Cooler</i> ....	IV-45
<b>Gambar IV.2.30</b>	Aliran <i>Gasoil Cooler</i> .....	IV-45
<b>Gambar IV.2.31</b>	Aliran <i>Aluminium Hydroxide Cooler</i> ....	IV-46
<b>Gambar IV.2.32</b>	Aliran <i>Octyl Octanoate Cooler</i> .....	IV-46
<b>Gambar VI.1.1</b>	Organigram Perusahaan .....	VI-2

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel I.1.1</b>	Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor di Indonesia Berdasarkan Jenis.....I-1
<b>Tabel II.1.1</b>	Konsumsi Minyak Pelumas Berdasarkan Jenis Kendaraan Bermotor di Indonesia Tahun 2010-2016 .....II-1
<b>Tabel II.1.2</b>	Prediksi Konsumsi Minyak Pelumas Kendaraan Bermotor di Indonesia .....II-3
<b>Tabel II.2.1</b>	Kriteria Penentuan Lokasi Pabrik .....II-5
<b>Tabel II.1</b>	Spesifikasi Minyak Pelumas Bekas sebagai Bahan Baku .....II-9
<b>Tabel II.4.2</b>	Data Titik Didih Komponen .....II-11
<b>Tabel II.5.1</b>	Spesifikasi Produk Minyak Pelumas Golongan V .....II-11
<b>Tabel III.2.1</b>	Perbandingan Tahapan Pemurnian Minyak Pelumas Bekas Berbagai Lisensor .....III-12
<b>Tabel III.2.2</b>	Perbandingan Performa Berbagai Lisensor Pemurnian Minyak Pelumas Bekas .....III-13
<b>Tabel III.2.3</b>	Perbandingan Reaksi Esterifikasi Jabbari dan Pesyan (2017) .....III-14
<b>Tabel III.3.1</b>	Perbandingan Kuantitatif Berbagai Proses Pengolahan Minyak Pelumas Bekas dengan Metode <i>Expert Choice</i> .....III-15
<b>Tabel IV.1.1</b>	Neraca Massa <i>Flash Separator</i> .....IV-2
<b>Tabel IV.1.2</b>	Neraca Massa <i>Gasoil Removal</i> .....IV-4
<b>Tabel IV.1.3</b>	Neraca Massa <i>Vacuum Distillation Column</i> .....IV-5
<b>Tabel IV.1.4</b>	Neraca Massa <i>Hydrodesulphurization Reactor</i> .....IV-7
<b>Tabel IV.1.5</b>	Neraca Massa <i>Hydrodearomatization Reactor</i> .....IV-9
<b>Tabel IV.1.6</b>	Neraca Massa <i>Catalytic Cracking Reactor</i> .....IV-11

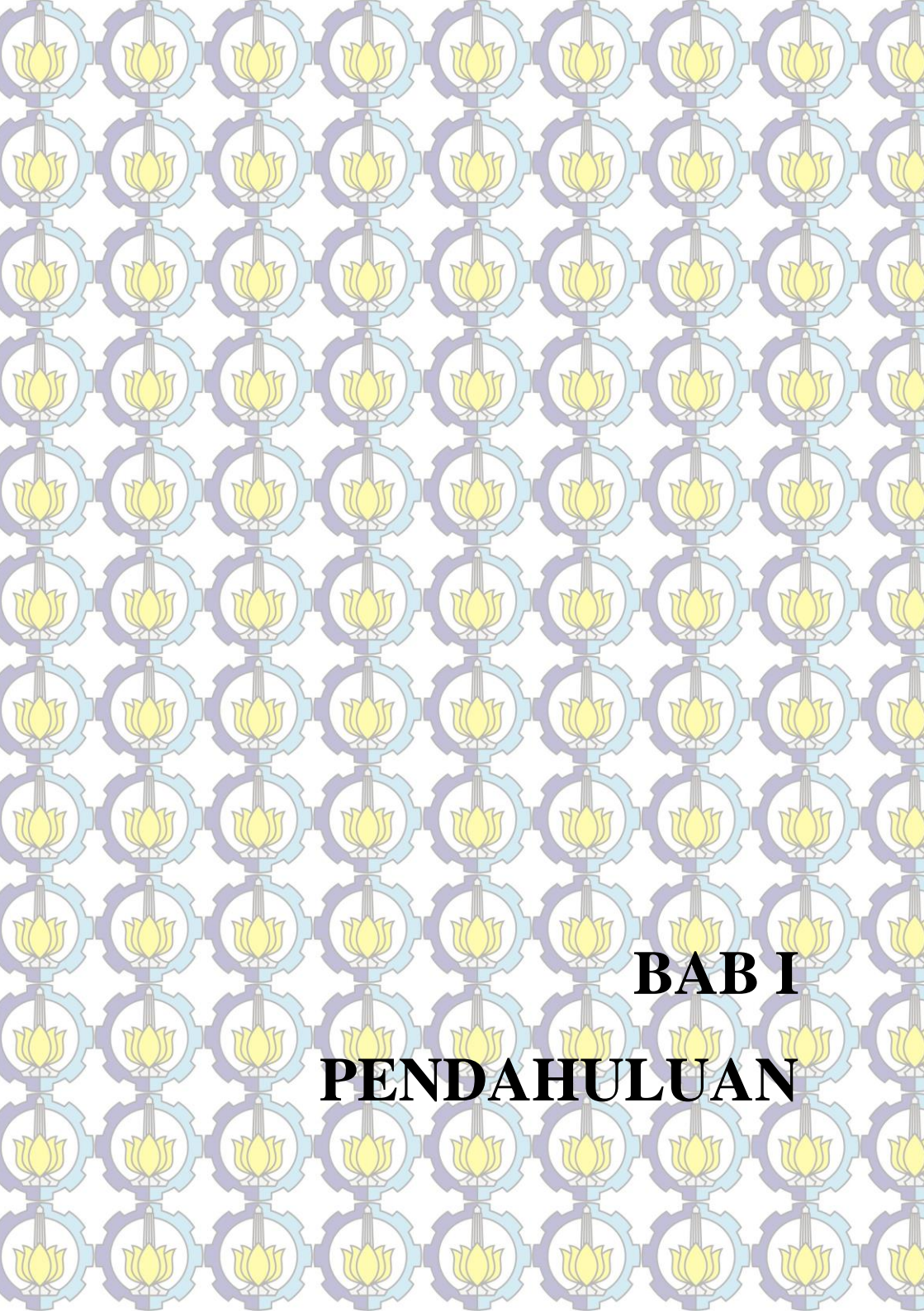
<b>Tabel IV.1.7</b>	Neraca Massa <i>Ethylene Distillation Column</i> .....	IV-13
<b>Tabel IV.1.8</b>	Neraca Massa <i>Ethylene Hydration Reactor</i> .....	IV--15
<b>Tabel IV.1.9</b>	Neraca Massa <i>Octanol-Water Flash Separator</i> .....	IV-17
<b>Tabel IV.1.10</b>	Neraca Massa <i>Octanol-Al(OH)<sub>3</sub> Flash Separator</i> .....	IV-18
<b>Tabel IV.1.11</b>	Neraca Massa <i>Octanoic Acid Reactor</i> ....	IV-19
<b>Tabel IV.1.12</b>	Neraca Massa <i>Octanoic Acid-Water Flash Separator</i> .....	IV-21
<b>Tabel IV.1.13</b>	Neraca Massa <i>Octanoic Acid-Octyl Octanoate Flash Separator</i> .....	IV-22
<b>Tabel IV.1.14</b>	Neraca Massa <i>Polyolester Reactor</i> .....	IV-23
<b>Tabel IV.1.15</b>	Neraca Massa <i>Polyolester Distillation Column</i> .....	IV-25
<b>Tabel IV.1.16</b>	Neraca Massa <i>Oxygen Plant</i> .....	IV-27
<b>Tabel IV.2.1</b>	Neraca Energi <i>Feed Heat Exchanger</i> .....	IV-27
<b>Tabel IV.2.2</b>	Neraca Energi <i>Pre-Flash Distillation Column</i> .....	IV-28
<b>Tabel IV.2.3</b>	Neraca Energi <i>Gas oil Heat Exchanger</i> ..	IV-29
<b>Tabel IV.2.5</b>	Neraca Energi <i>Vacuum Distillation Heat Exchanger</i> .....	IV-30
<b>Tabel IV.2.6</b>	Neraca Energi <i>Vacuum Distillation Column</i>	31
<b>Tabel IV.2.7</b>	Neraca Energi <i>Hydrodesulphurization Heat Exchanger</i> .....	IV-32
<b>Tabel IV.2.8</b>	Neraca Energi <i>Catalytic Cracking Heat Exchanger</i> .....	IV-34
<b>Tabel IV.2.9</b>	Neraca Energi <i>Ethylene Distillation Column</i> .....	IV-36
<b>Tabel IV.2.10</b>	Neraca Energi <i>Octanol Reactor Heat Exchanger</i> .....	IV-37
<b>Tabel IV.2.11</b>	Neraca Energi <i>Octanol Flash Separator</i> .....	IV-38
<b>Tabel IV.2.12</b>	Neraca Energi <i>H-330 Heat Exchanger</i> ...	IV-39

<b>Tabel IV.2.13</b>	Neraca Energi <i>H-420 Heat Exchanger</i> ...	IV-40
<b>Tabel IV.2.14</b>	Neraca Energi <i>Octanoic Acid-Water Flash Separator</i> .....	IV-41
<b>Tabel IV.2.15</b>	Neraca Energi <i>H-430 Heat Exchanger</i> ...	IV-42
<b>Tabel IV.2.16</b>	Neraca Energi <i>Octanoic acid-Octyl Octanoate Flash Separator</i> .....	IV-42
<b>Tabel IV.2.17</b>	Neraca Energi <i>Polyolester Distillation Column</i> .....	IV-44
<b>Tabel V.1</b>	Tangki Penyimpan Minyak Pelumas Bekas (F-110).....	V-1
<b>Tabel V.2</b>	Tangki Penyimpan Gas Oil (F-140).....	V-1
<b>Tabel V.3</b>	Tangki Penyimpan <i>Asphalt Residue</i> (F-160).....	V-2
<b>Tabel V.4</b>	<i>Pre-flash Separator</i> (H-120).....	V-2
<b>Tabel V.5</b>	<i>Gas Oil Removal Column</i> (D-130) .....	V-3
<b>Tabel V.6</b>	<i>Vacuum Distillation Column</i> (D-150).....	V-4
<b>Tabel V.7</b>	<i>Thin Film Evaporator</i> (V-153) .....	V-5
<b>Tabel V.8</b>	<i>Hidrodesulfurization Reactor</i> (R-170) ...	V-6
<b>Tabel V.9</b>	<i>Hidrodearomatization Reactor</i> (R-180).....	V-7
<b>Tabel V.10</b>	<i>Catalytic Cracking Reactor</i> (R-210).....	V-7
<b>Tabel V.11</b>	<i>Ethylene Distillation Column</i> (D-220) ...	V-8
<b>Tabel V.12</b>	<i>Octanol Reactor</i> (R-310).....	V-9
<b>Tabel V.13</b>	<i>Octanol Flash Separator</i> (H-320).....	V-9
<b>Tabel V.14</b>	<i>Octanol Al(OH)<sub>3</sub> Flash Separator</i> (H-330).....	V-10
<b>Tabel V.15</b>	<i>Octanoic Acid Reactor</i> (R-410).....	V-11
<b>Tabel V.16</b>	<i>Octanoic Acid Water Flash Separator</i> (H-420).....	V-11
<b>Tabel V.17</b>	<i>Octanoic Octyloctanoate Flash Separator</i> (H-430).....	V-12
<b>Tabel V.18</b>	<i>Polyolester Reactor</i> (R-520) .....	V-13
<b>Tabel V.19</b>	<i>Polyolester Distillation Column</i> (D-530).....	V-13
<b>Tabel V.20</b>	Pompa Feed (L-121).....	V-15

<b>Tabel V.21</b>	Pompa <i>Gas Oil Removal</i> (L-131) .....	V-15
<b>Tabel V.22</b>	Pompa <i>Vacuum Distillation</i> (L-151).....	V-16
<b>Tabel V.23</b>	Pompa <i>Asphalt Storage Tank</i> (L-154) ....	V-17
<b>Tabel V.24</b>	Pompa <i>Hidrodesulfurization Reactor</i> (L-171) .....	V-18
<b>Tabel V.25</b>	Pompa <i>Hidrodearomatization Reactor</i> (L-181) .....	V-19
<b>Tabel V.26</b>	Pompa <i>Reflux D-130</i> (L-136) .....	V-19
<b>Tabel V.27</b>	Pompa <i>Reflux D-150</i> (L-158) .....	V-20
<b>Tabel V.29</b>	Pompa Propene (L-224).....	V-21
<b>Tabel V.30</b>	Pompa <i>Reflux D-220</i> (L-227).....	V-21
<b>Tabel V.31</b>	Pompa <i>Water-Octanol Flash Separator</i> (L-331) .....	V-22
<b>Tabel V.32</b>	Pompa <i>Octanoic acid-Octyloctanoate</i> <i>Flash Separator</i> (L-431).....	V-23
<b>Tabel V.33</b>	Pompa <i>Produk Polyolester</i> (L-541) .....	V-24
<b>Tabel V.34</b>	Pompa <i>Reflux Polyolester Distillation</i> (L-533) .....	V-24
<b>Tabel V.35</b>	Pompa <i>Trietilaluminium</i> (L-341).....	V-25
<b>Tabel V.36</b>	Pompa <i>TMP</i> (L-511).....	V-26
<b>Tabel V.37</b>	<i>Heat Exchanger E-122</i> .....	V-26
<b>Tabel V.38</b>	<i>Heat Exchanger E-132</i> .....	V-27
<b>Tabel V.39</b>	<i>Heat Exchanger E-152</i> .....	V-28
<b>Tabel V.40</b>	<i>Heat Exchanger E-172</i> .....	V-29
<b>Tabel V.41</b>	<i>Heat Exchanger E-182</i> .....	V-30
<b>Tabel V.42</b>	<i>Heat Exchanger E-211</i> .....	V-31
<b>Tabel V.43</b>	<i>Heat Exchanger E-221</i> .....	V-32
<b>Tabel V.44</b>	<i>Heat Exchanger E-134</i> .....	V-33
<b>Tabel V.45</b>	<i>Heat Exchanger E-156</i> .....	V-33
<b>Tabel V.46</b>	<i>Heat Exchanger E-225</i> .....	V-34
<b>Tabel V.46</b>	<i>Heat Exchanger E-137</i> .....	V-35
<b>Tabel V.47</b>	<i>Heat Exchanger E-223</i> .....	V-36
<b>Tabel V.48</b>	<i>Heat Exchanger E-193</i> .....	V-37
<b>Tabel V.49</b>	<i>Heat Exchanger E-142</i> .....	V-38
<b>Tabel V.50</b>	<i>Heat Exchanger E-312</i> .....	V-38



<b>Tabel V.51</b>	<i>Heat Exchanger E-332</i> .....	V-39
<b>Tabel V.52</b>	<i>Heat Exchanger E-411</i> .....	V-40
<b>Tabel V.53</b>	<i>Heat Exchanger E-421</i> .....	V-41
<b>Tabel V.54</b>	<i>Heat Exchanger E-432</i> .....	V-42
<b>Tabel V.55</b>	<i>Heat Exchanger E-531</i> .....	V-43
<b>Tabel V.56</b>	<i>Heat Exchanger E-371</i> .....	V-44
<b>Tabel V.57</b>	<i>Heat Exchanger E-542</i> .....	V-45
<b>Tabel V.58</b>	<i>Heat Exchanger E-531</i> .....	V-45
<b>Tabel V.59</b>	<i>Heat Exchanger E-534</i> .....	V-46
<b>Tabel V.60</b>	<i>Accumulator H-135</i> .....	V-47
<b>Tabel V.61</b>	<i>Accumulator H-157</i> .....	V-48
<b>Tabel V.62</b>	<i>Accumulator H-226</i> .....	V-49
<b>Tabel V.63</b>	<i>Accumulator H-532</i> .....	V-49
<b>Tabel V.64</b>	<i>Hydrogen Tank (F-610)</i> .....	V-50
<b>Tabel V.65</b>	<i>Trietilaluminium tank (F-340)</i> .....	V-50
<b>Tabel V.66</b>	<i>TMP tank (F-510)</i> .....	V-51
<b>Tabel V.67</b>	<i>Oxygen Tank (F-620)</i> .....	V-51
<b>Tabel V.68</b>	<i>Water &amp; Light Ends Tank (F-190)</i> .....	V-52
<b>Tabel V.69</b>	<i>Bottom product D-220 Tank (F-228)</i> .....	V-52
<b>Tabel V.70</b>	<i>Al(OH)<sub>3</sub> Tank (F-350)</i> .....	V-53
<b>Tabel V.71</b>	<i>Octyloctanoate Tank (F-440)</i> .....	V-53
<b>Tabel V.72</b>	<i>Polyolester Tank (F-540)</i> .....	V-54
<b>Tabel V.73</b>	<i>Ethylene Compressor (G-212)</i> .....	V-54
<b>Tabel V.74</b>	<i>Hydrogen Compressor (G-213)</i> .....	V-55
<b>Tabel V.75</b>	<i>Octanol Reactor Compressor (G-311)</i> ....	V-56
<b>Tabel V.77</b>	<i>Oksigen Compressor (G-621)</i> .....	V-57
<b>Tabel V.78</b>	<i>Oksigen Expander (G-622)</i> .....	V-58
<b>Tabel V.79</b>	<i>D-130 Ejector (G-133)</i> .....	V-58
<b>Tabel V.80</b>	<i>D-150 Ejector (G-155)</i> .....	V-59
<b>Tabel V.81</b>	<i>Waste Gas Blower G-633</i> .....	V-59
<b>Tabel V.82</b>	<i>Feed Gas Blower G-631</i> .....	V-60
<b>Tabel V.83</b>	<i>Adsorber D-630</i> .....	V-60
<b>Tabel VI.1.1</b>	Perincian Jumlah Tenaga Kerja .....	VI-8
<b>Tabel VI.1.2</b>	Pengaturan Shift Perusahaan .....	VI-9
<b>Tabel VI.3.1</b>	Ringkasan Analisa Ekonomi Pabrik .....	VI-14



**BAB I**  
**PENDAHULUAN**

# BAB I

## PENDAHULUAN

Indonesia menempati peringkat keempat negara berpenduduk terbanyak di dunia. Sebanyak 230 juta jiwa tercatat di Badan Pusat Statistik (BPS) pada 2010. Jumlah ini terus meningkat dengan laju 1,49 persen setiap tahunnya. Untuk memenuhi kebutuhan masyarakat, banyak industri dibangun di Indonesia, meliputi industri jasa dan manufaktur.

Bertambahnya jumlah industri, terutama industri manufaktur, sebanding dengan kebutuhan minyak pelumas juga terus meningkat. Pada tahun 2014 tercatat total kebutuhan pelumas nasional mencapai 907.000 kiloliter/tahun.

Selain industri, minyak pelumas banyak dikonsumsi oleh kendaraan bermotor. Menurut survei BPS pada 2016, jumlah kendaraan bermotor di Indonesia telah mencapai 129.281.079 unit. Jumlah ini meningkat dari tahun sebelumnya sebesar 121.394.185 unit. Kendaraan di Indonesia didominasi oleh sepeda motor sebanyak 105.150.082 unit atau sekitar 81% dan mobil penumpang sebanyak 14.580.666 unit atau 11%. Perkembangan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia dari 2010-2016 disajikan pada **Tabel I.1.1** berikut:

**Tabel I.1.1** Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor di Indonesia Berdasarkan Jenis

Jenis Kendaraan Bermotor	Jumlah Kendaraan Bermotor (Unit)						
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Mobil Penumpang	8891041	9548866	10432259	11484514	12599038	13480973	14580666
Mobil Bis	2250109	2254406	2273821	2286309	2398846	2420917	2486898
Mobil Barang	4687789	4958738	5286061	5615494	6235136	6611028	7063433
Sepeda motor	61078188	68839341	76381183	84732652	92976240	98881267	105150082
Jumlah	76907127	85601351	94373324	104118969	114209260	121394185	129281079

(Sumber: *Badan Pusat Statistik*, 2016)

Minyak pelumas atau oli merupakan senyawa organik yang berfungsi untuk mengurangi gesekan pada permukaan benda

yang bergerak agar tidak memicu timbulnya keausan yang berlebih akibat panas yang dihasilkan oleh gesekan. Di industri, minyak pelumas berfungsi untuk memelihara mesin peralatan produksi.

Oli untuk kendaraan bermotor memiliki berbagai kualitas, tergantung oleh kualitas minyak pelumas dasar atau *lube base oil*. *Lube base oil* merupakan penyusun hampir 80% dari komposisi oli (olixten.co.id, 2018). *Lube base oil* sendiri mempunyai tingkatan dari yang terendah golongan I, sampai yang tertinggi golongan V. Golongan I hingga III adalah oli mineral, sedangkan PAO (golongan IV) dan ester (golongan V) merupakan oli sintesis. Bahan baku tidak diantara dua bahan tersebut yang menghasilkan *semi-synthetic base oil* (www.panaoil.id, 2018).

Tingginya kebutuhan minyak pelumas akan menghasilkan peningkatan jumlah minyak pelumas bekas. Hal tersebut disebabkan setiap penggantian minyak pelumas pada alat industri maupun kendaraan bermotor, akan dihasilkan limbah berupa minyak pelumas bekas. Minyak pelumas bekas termasuk salah satu limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun). Limbah B3 adalah sisa suatu usaha dan atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan atau beracun yang karena sifat dan konsentrasinya dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan atau merusak lingkungan hidup, dan/atau membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk lain.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, limbah B3 perlu diolah dengan baik agar tidak menimbulkan kerusakan lingkungan. Salah satu cara untuk mengurangi dampak lingkungan yang berbahaya dengan mengolah kembali minyak pelumas bekas menjadi barang yang memiliki nilai guna kembali yaitu menjadi minyak pelumas dasar.

Selain untuk mengurangi pencemaran pada lingkungan, pengolahan minyak pelumas bekas juga dapat menghemat konsumsi bahan baku minyak pelumas yang selama ini digunakan

yaitu minyak bumi. Produksi minyak pelumas dasar dari minyak pelumas bekas juga membutuhkan biaya produksi yang lebih rendah karena harga bahan baku jauh lebih murah dibandingkan dengan menggunakan minyak mentah (*crude oil*).

Kebanyakan oli yang diproduksi di Indonesia, termasuk oli merk impor yang diproduksi di Indonesia, adalah mineral atau *semi synthetic*. Hanya sedikit oli *full synthetic* yang diproduksi di Indonesia. Sementara itu, oli yang menggunakan ester, seluruhnya diproduksi di luar negeri, dan ketersediaannya sangat sedikit di Indonesia. Hal tersebut membuka peluang untuk memproduksi produk minyak pelumas ester (golongan V).

Minyak pelumas golongan V merupakan salah satu jenis pelumas sintetis. Pelumas jenis ini mengandung minyak dasar (*lube base oil*) yang lebih murni daripada yang digunakan dalam minyak mineral. Proses pemurnian tidak hanya menghilangkan lebih banyak kotoran dari minyak mentah tetapi juga membentuk molekul dalam minyak sintetis yang sesuai dengan permintaan mesin modern.

Minyak pelumas golongan V lebih unggul terutama dalam hal daya alir pada suhu rendah, stabilitas suhu tinggi serta perlindungan terhadap endapan. Hal ini dapat membantu mengurangi keausan mesin, menghemat bahan bakar, dan memperpanjang masa pakai mesin. Keuntungan lain dari minyak pelumas golongan V adalah lebih bersih dan ramah lingkungan – membantu mengurangi emisi mesin dibandingkan dengan minyak mineral konvensional.

Pelumas ini semakin diperlukan oleh industri manufaktur maupun otomotif. Perlunya inovasi untuk memasarkan produk pelumas golongan V sehingga dapat bersaing dengan kompetitor dalam maupun luar negeri. Segmen dari produk minyak pelumas golongan V antara lain:

1. Individu

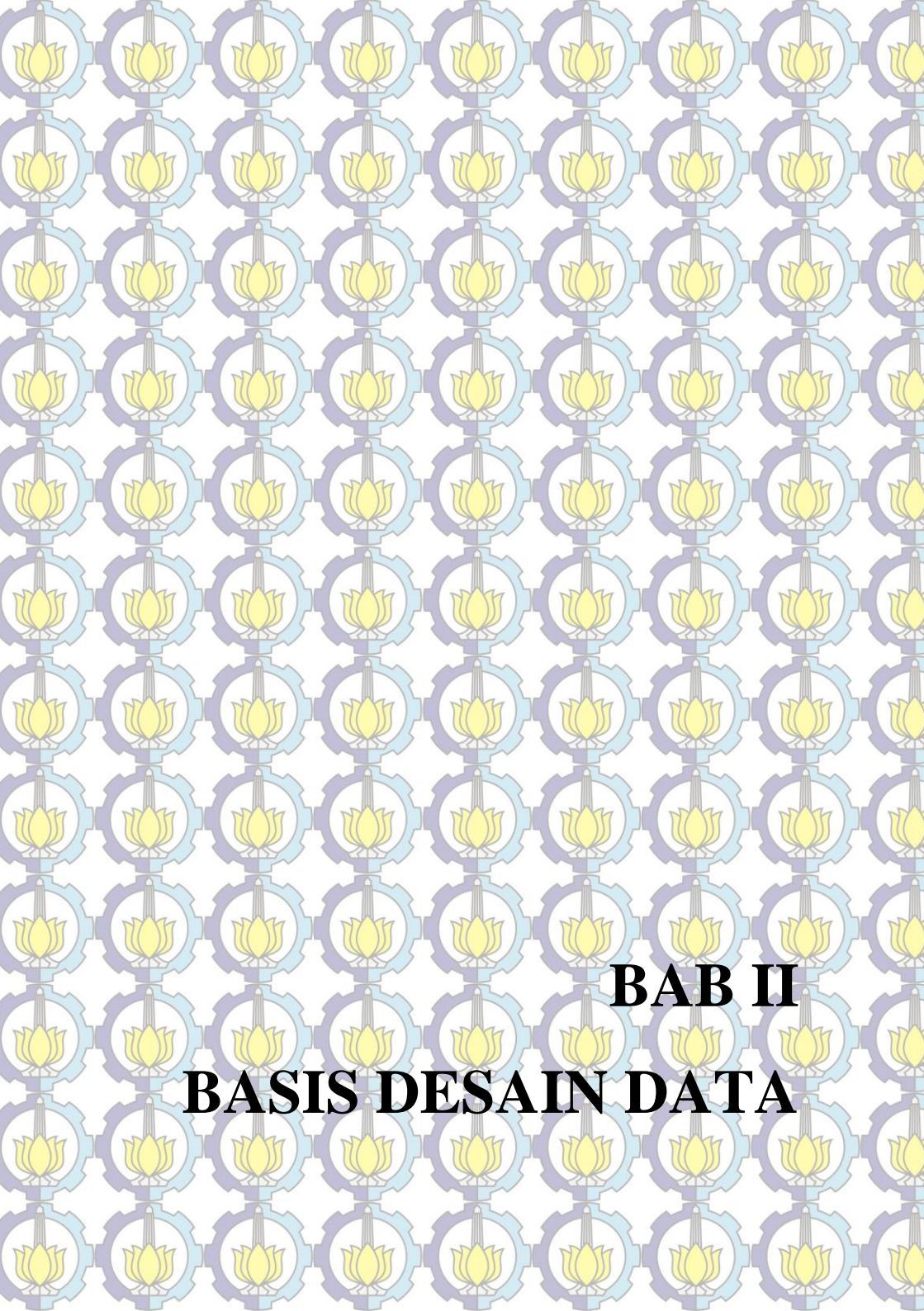
Adalah para pengguna kendaraan bermotor yang membeli produk minyak pelumas kemasan ekonomis yang sesuai dengan kapasitas kendaraan. Perusahaan

membagi masyarakat ke dalam segmen masyarakat terdidik yang mengerti mengenai dunia otomotif. Pada segmen ini, terdapat konsumen yang sangat potensial yaitu kalangan anak muda. Nantinya, golongan ini dapat menjadi konsumen jangka panjang bagi perusahaan.

## 2. Bisnis

Segmen ini membutuhkan produk minyak pelumas golongan V dalam jumlah yang besar untuk memelihara mesin yang digunakan pada proses produksi.

Minyak pelumas golongan V menawarkan pilihan bagi para pengguna kendaraan bermotor yang menginginkan pelumas yang lebih berkualitas untuk menjaga mesin dari keausan pada kondisi ekstrem sekaligus menghemat bahan bakar. Selain itu, produk dapat membantu memelihara lingkungan dan memperpanjang masa pakai mesin. Untuk segmen bisnis, adanya pabrik minyak pelumas golongan V dalam negeri akan membantu dalam menekan biaya produksi. Hal tersebut disebabkan rantai distribusi produk ke pasar dalam negeri lebih pendek sehingga harga produk lebih terjangkau dari minyak pelumas sintetis impor.



**BAB II**  
**BASIS DESAIN DATA**

# BAB II

## BASIS DESAIN DATA

### II.1 Kapasitas

Bahan baku utama pabrik pengolahan pelumas bekas menjadi minyak pelumas dasar golongan V ini merupakan minyak pelumas bekas. Bahan baku tersebut diperoleh dari aktivitas penggantian minyak pelumas mesin peralatan industri maupun kendaraan bermotor.

Sebagai salah satu sumber pemakaian minyak pelumas, jumlah kendaraan bermotor mempengaruhi jumlah bahan baku yang tersedia. Diasumsikan dalam satu tahun setiap mobil membutuhkan pelumas sebanyak 3,5 Liter, bus dan truk sebanyak 6 Liter, dan motor sebanyak 1,5 Liter. Dengan penggantian sebanyak 4 kali selama satu tahun maka didapatkan konsumsi minyak pelumas sampai tahun 2016 seperti **Tabel I.2.1** berikut:

**Tabel II.1.1** Konsumsi Minyak Pelumas Berdasarkan Jenis Kendaraan Bermotor di Indonesia Tahun 2010-2016

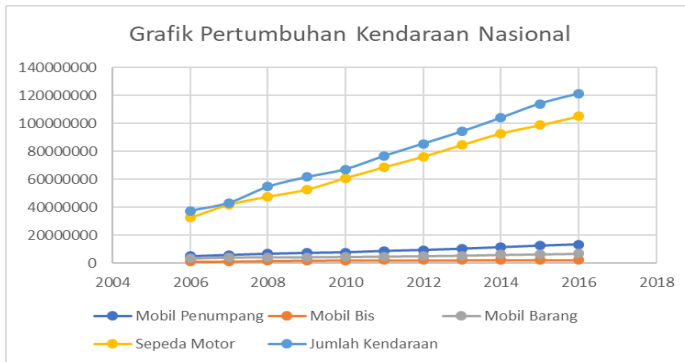
Jenis Kendaraan Bermotor	Konsumsi Minyak Pelumas (Liter/Tahun)						
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Mobil penumpang	106692492	114586392	125187108	137814168	151188456	161771676	174967992
Mobil Bis	36001744	36070496	36381136	36580944	38381536	38734672	39790368
Mobil Barang	75004624	79339808	84576976	89847904	99762176	105776448	113014928
Sepeada motor	366469128	413036046	458287098	508395912	557857440	593287602	630900492
Jumlah	584167988	643032742	704432318	772638928	847189608	899570398	906673780

(Sumber : *Badan Pusat Statistik*, 2016)

Menurut data Kementerian Perindustrian pada 2016, terdapat 20 pabrik pelumas di Indonesia dengan kapasitas total 1,8 juta kiloliter per tahun. Namun industri dalam negeri baru bisa memasok sebanyak 850.000 kL pelumas. Sisa permintaan masih dipenuhi oleh produk pelumas impor.



Apabila ditinjau dari ketersediaan bahan baku, industri minyak pelumas golongan V ini menggunakan bahan baku minyak pelumas bekas pemakaian pada kendaraan bermotor dan mesin industri manufaktur. Menurut data Badan Pusat Statistik, hingga tahun 2016 jumlah kendaraan bermotor di Indonesia semakin meningkat. Hal tersebut diprediksi akan terus berlangsung di tahun-tahun berikutnya.



**Gambar II.1.1** Petumbuhan Kendaraan Nasional  
(Sumber: *Badan Pusat Statistik*, 2016)

Lembaga riset Kline and Comp memprediksi konsumsi minyak pelumas di Indonesia akan bertumbuh 6% setiap tahunnya hingga tahun 2025. Jika dihitung, perkiraan konsumsi minyak pelumas kendaraan bermotor di Indonesia dari tahun 2016 hingga 2025 adalah sebagai berikut:

**Tabel II.1.2** Prediksi Konsumsi Minyak Pelumas Kendaraan Bermotor di Indonesia

Tahun	Proyeksi Kenaikan	Jumlah (Kiloliter)
2016	6%	907.000
2017	6%	961.420

2018	6%	1.019.105
2019	6%	1.080.252
2020	6%	1.145.067
2021	6%	1.213.771
2022	6%	1.265.597
2023	6%	1.363.793
2024	6%	1.445.620
2025	6%	1.532.357

(Sumber: *Lembaga Riset Kline and Comp*, 2017)

Selain kendaraan bermotor, kebutuhan akan pelumas industri diprediksi juga semakin besar. Hal tersebut dibuktikan dengan masuknya Indonesia menjadi negara manufaktur terbesar ke-9 menurut survey UNIDO (*United Nations Industrial Development Organization*) tahun 2016. Dari data tersebut, dapat disimpulkan, seiring meningkatnya konsumsi minyak pelumas diperlukan pula produksi minyak pelumas yang lebih banyak, agar memenuhi kebutuhan minyak pelumas dalam negeri.

Berdasarkan data penggunaan minyak pelumas nasional pada tahun 2016 sebesar 907.000 kL/tahun dan peningkatan sebesar 6% setiap tahunnya, maka pada tahun 2022 konsumsi minyak pelumas di Indonesia mencapai 1.265.597 kL/tahun sesuai tabel II.1.2. Dari jumlah tersebut, 25%-nya merupakan minyak pelumas golongan V yaitu sebanyak 253.120 kL/tahun. Ditentukan kapasitas produksi pabrik adalah 10% dari ketersediaan bahan baku minyak pelumas bekas atau 25.312 kL/tahun sehingga kapasitas pabrik sebesar:

Umpan oli bekas = 25.312 kL oli bekas/tahun

Produk *lube base oil* = 11.040.480 kg *lube base*/tahun  
 Perhitungan ditetapkan dengan basis berikut:  
 Volume oli bekas masuk = 25.312 kL oli bekas/tahun  
 Densitas oli bekas = 913 kg/m<sup>3</sup>  
 Waktu Operasi = 1 jam operasi  
 1 hari = 24 jam  
 1 tahun = 330 hari

## II.2 Lokasi

Menurut riset oleh *Department of Materials Oxford University* tahun 2003, lokasi suatu pabrik dipilih dengan mempertimbangkan hal-hal berikut:

1. Tenaga kerja yang terampil
2. Jumlah pekerja yang tidak terampil
3. Jalan raya
4. Bandara
5. Laut/sungai
6. Perumahan
7. Fasilitas
8. Ketersediaan tanah untuk ekspansi
9. Adanya hibah dan pendapatan lain
10. Keamanan
11. Kendala perancangan
12. Dampak ke lingkungan

Kedua belas kriteria tersebut dibobotkan menurut metode *expert choice* sesuai pada **Tabel II.2.1** berikut:

**Tabel II.2.1** Kriteria Penentuan Lokasi Pabrik

Kriteria	Bobot	Pilihan Lokasi Pabrik						
		Demak	Sidoarjo	Gresik				
Kedekatan dengan:								
1	Tenaga kerja terampil	7	4	28	5	35	6	42

2	Jumlah pekerja yang tidak terampil	8	5	40	5	40	5	40
3	Jalan raya	7	4	28	6	42	6	42
4	Bandara	4	2	8	4	16	3	12
5	Laut/sungai	2	2	4	1	2	1	2
6	Perumahan	5	3	15	4	20	4	20
7	Fasilitas	5	2	10	4	20	5	25
8	Ketersediaan lahan untuk ekspansi	7	3	21	3	21	5	35
9	Adanya hibah dan pendapatan lain	8	0	0	0	0	0	0
10	Keamanan	2	1	2	1	2	1	2
11	Kendala perencanaan	5	4	20	3	15	0	0
12	Dampak lingkungan	4	2	8	2	8	2	8
TOTAL			184	221	228			

Terdapat tiga lokasi yang dipertimbangkan untuk menjadi tempat berdirinya pabrik. Lokasi dipilih di daerah Jawa Tengah dan Jawa Timur agar dekat dengan sumber bahan baku yaitu minyak pelumas bekas. Di Indonesia terdapat 17 perusahaan yang memiliki izin sebagai pengumpul oli bekas dan sebanyak 14 perusahaan berada di Jawa Timur. Selain itu, di kedua provinsi tersebut, tingkat pengangguran mencapai 4,0 % (bps.go.id, 2018).

1. Demak

Lokasi pertama yang dipertimbangkan adalah Demak, Jawa Tengah. Hal-hal yang perlu dipertimbangkan untuk pembangunan pabrik di kota ini adalah sebagai berikut:

a. Dekat dengan sumber bahan baku (perusahaan pengumpulan oli bekas terdekat terletak di Semarang, PT. Wiraswasta Gemilang Indonesia dan PT.

Umbul Mulya, yang berjarak 34 km)

b. Lahan luas tersedia dengan harga relatif murah yaitu pada kisaran Rp

1.000.000,00 – Rp 1.300.000,00 per m<sup>2</sup> (rumah123.com)

c. UMK kota Demak pada 2018 adalah Rp 2.065.490,00, lebih rendah sekitar

Rp 300.000,00 dibanding kota Semarang

d. Lokasi dipilih di Kecamatan Sayung yang dekat dengan laut untuk jalur transportasi dan sumber utilitas

e. Terdapat tiga sungai besar yang mengalir di kota ini: Kali Tuntang, Kali Buyaran, dan Kali Serang yang juga dapat digunakan untuk memenuhi utilitas

f. Dilalui jalan negara (pantura) yang menghubungkan Jakarta-Semarang-Surabaya-Banyuwangi.

g. Kondisi geografis berupa struktur tanah yang labil karena merupakan bekas rawa. Bangunan di kota ini harus dibuat sangat kuat agar tidak retak saat musim kemarau.

h. Sebagian besar penduduk bekerja di sektor pertanian

## 2. Sidoarjo

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan untuk pembangunan pabrik di kota Sidoarjo adalah sebagai berikut:

a. Dekat dengan sumber bahan baku (perusahaan pengumpulan oli bekas terdekat adalah PT. Petrogas Jatim Utama di Surabaya, CV Maju Jaya Probolinggo, dan CV Berkat Jaya Sukses di Pasuruan)

b. Lahan luas tersedia dengan harga pada kisaran Rp 2.750.000,00 per m<sup>2</sup> (rumah123.com)

c. UMK kota Sidoarjo pada 2019 sebesar Rp 3.864.696,20

- d. Merupakan jalur masuk ke kota Surabaya yang merupakan ibu kota provinsi
- e. Dekat dengan pelabuhan Tanjung Perak dan bandara internasional Juanda
- f. Sudah terdapat perusahaan pengolah oli bekas skala nasional
- g. Penduduk bekerja di sektor perikanan dan industri

### 3. Gresik

Sama seperti Sidoarjo, Gresik adalah kota yang menopang Surabaya. Di kota ini terdapat beberapa hal berikut:

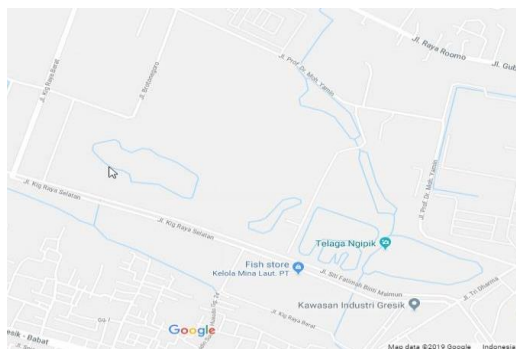
- a. Dekat dengan sumber bahan baku (perusahaan pengumpulan oli bekas terdekat adalah PT. Petrogas Jatim Utama di Surabaya, CV Maju Jaya Probolinggo, dan CV Berkat Jaya Sukses di Pasuruan)
- b. Lahan tersedia di Kawasan Industri Gresik dengan fasilitas lengkap pada kisaran Rp 2.000.000,00 per m<sup>2</sup> (rumah123.com). Terdapat 26,2 ha tanah yang tersedia.
- c. UMK kota Gresik pada 2019 merupakan tertinggi kedua di Jawa Timur yaitu sebesar Rp 3.867.874,4
- d. Dekat dengan laut Jawa dan selat Madura
- e. Transportasi ke Surabaya dihubungkan dengan jalan tol Surabaya-Manyar
- f. Sebagian besar penduduk bekerja di sektor industri

Berdasarkan analisis tersebut, dipilih lokasi pabrik di Kawasan Industri Gresik (KIG). Kondisi alam dari kota Gresik adalah sebagai berikut:

- Kelembaban udara = 75 %
- Suhu = 24 - 34 °C
- Curah Hujan = 2,245 mm
- Angin = 9 - 13 (km/jam)

(Sumber: [www.bmkg.go.id](http://www.bmkg.go.id), 2019)

Berikut ini merupakan peta dari lokasi pabrik yang dipilih:



**Gambar II.2.1** Peta Lokasi Pabrik



**Gambar II.2.2** Denah Kawasan Industri Gresik  
(Sumber: [www.kig.co.id](http://www.kig.co.id), 2018)

## II.3 Kualitas Bahan Baku dan Produk

### II.3.1 Spesifikasi Bahan Baku

#### 1. Minyak pelumas bekas

Berikut ini merupakan spesifikasi minyak pelumas bekas dari kendaraan bermotor dan industri dibandingkan dengan spesifikasi rata-rata *virgin motor oil*:

**Tabel II.1** Spesifikasi Minyak Pelumas Bekas sebagai Bahan Baku

<b>Property or test</b>	<b>Motor oils</b>	<b>Industrial oils</b>	<b>Virgin motor oil (Average)</b>
Viscosity, at 40°C, SUS	87 – 837 (15-180 cSt)	143-330	Up to 210 cSt
API gravity, at 15.6°C	19.1 – 31.3	25.7-26.2	25 on average
Specific gravity at 15.6 C	0.9396 to 0.8692	0.9002 to 0.8972	on average
Water, vol %	0.2-33.8	0.1-95	Traces
Bottom sediment and water, vol %	0.1-42	NA	Nil
Benzene insoluble, wt %	0.56-3.33	NA	Nil
Gasoline dilution, vol %	2.0-9.7	NA	Nil
Flash point, °C	79-220	157-179	>200
Heating value, kcals/kg	7,500 to 10,000	9580 to 9,500	NA
Ash, Sulfated, wt %	0.03-6.43	3.2-5.9	0.78 to 1.0 typical
Carbon soot, wt %	1.82-4.43	NA	Nil
Fatty oil, wt %	0-60	NA	Nil
Chlorine, wt %	0.17-0.47	<0.1-0.83	Nil
Sulfur, wt %	0.17-1.09	0.54-1.03	Group I oils >0.03
Zinc, ppm	260-1787	NA	Nil
Calcium, ppm	211-2291	NA	Nil



Barium, ppm	9-3906	NA	Nil
Phosphorus, ppm	319-1550	NA	Nil
Lead, ppm	85-21,676	NA	Nil
Aluminium, ppm	<0.5-758	NA	Nil
Iron, ppm	97-2401	NA	Nil

(Sumber: *Brinkman D.W and B.J Parry*, 2010)

**Tabel II.4.2** Tabel Data Titik Didih Komponen

<b>Komponen</b>	<b>Titik Didih</b>
Light End	C1 – C4
Gas Oil	C5 - 340 °C
Lube Oil	340 °C - 550 °C
Asphalt Flux	>550°C

## 2. Hidrogen

Rumus molekul propana : H<sub>2</sub>

Wujud : Gas

Kemurnian Hidroge : 99 % mol

Tekanan : 1 bar

(Sumber: *PT. Gas Depo*, 2015)

## II.3.2 Spesifikasi Target Produk

Spesifikasi produk minyak pelumas golongan V adalah sebagai berikut:

**Tabel II.5.1** Spesifikasi Produk Minyak Pelumas Golongan V

<b>Property</b>	<b>PE22</b>
Viscosity, cSt @ 104°F	18.9
Viscosity, cSt @ 212°F	4.4
Viscosity index	294
Flash Point, °F	464

Pour Point, °F	-65
Color (Hazen ISO 2211)	<150
Total acid number, mgKOH/g	<0.05
Typical water content, ppm	<50
Density, g/ml@ 68°F	0.996

Minyak pelumas yang diproduksi memiliki peran yang sangat penting bagi kelangsungan operasional suatu mesin. Secara garis besar, terdapat lima fungsi utama dari minyak pelumas antara lain:

1. Mencegah keausan pada permukaan bagian-bagian mesin

Fungsi utama minyak pelumas adalah mencegah gesekan-gesekan yang kasar pada mesin. Gesekan antarbagian mesin tanpa pelumas akan menyebabkan bertambah besarnya tenaga yang dibutuhkan untuk menggerakkan operasional mesin. Selain itu, gesekan bersifat berbahaya dan dapat merusak mesin itu sendiri dalam waktu relatif singkat.

2. Sebagai penghantar panas

Gesekan antarbagian mesin dapat menimbulkan panas, bahkan ruang pembakaran dalam mesin otomotif bisa mencapai suhu melebihi 1000 derajat celcius. Peran minyak pelumas dalam hal menghantar panas adalah membuat panas yang terjadi karena gesekan antar bagian mesin dapat terdistribusi dan terserap dengan baik, sehingga proses pendinginan dengan oli (cooling) dapat membantu memperpanjang usia bagian mesin, dan keseluruhan mesin itu sendiri.

3. Mencegah timbulnya karat pada bagian bagian mesin

Tanpa pelumasan yang baik, bagian mesin terutama yang melakukan putaran kerja pada operasionalnya, akan menimbun cadangan karat pada permukaan bagian mesin dan menimbulkan kemacetan pada operasionalnya. Hal

tersebut akan menghambat proses operasional kerja penggunaan mesin.

#### 4. Sebagai pembersih mesin

Terkadang tanpa kita sadari, setiap proses operasional mesin, khususnya yang bersinggungan dengan udara terbuka akan menimbulkan terjadinya tumpukan kotoran yang berasal dari partikel-partikel halus seperti debu dan lain sebagainya. Minyak pelumas akan memastikan kotoran tersebut tidak menempel pada bagian mesin yang terlumasi dan proses kerja operasional mesin dapat berjalan dengan baik dan lancar.

#### 5. Penutup celah dinding mesin

Pada komponen antar mesin biasanya dibuat celah untuk menghindari kerusakan yang ditimbulkan akibat terjadinya gesekan yang disebabkan perputaran pada bagian mesin. Minyak pelumas akan memastikan bahwa tiap celah sehalus apapun akan tertutupi dengan sempurna selama proses operasional kerja mesin.

([www.agenoli.com](http://www.agenoli.com), 2018)

Perkembangan industri minyak pelumas menghasilkan minyak pelumas sintetis yang dikategorikan minyak pelumas dasar golongan IV dan V. Perbedaan keduanya adalah pada komposisinya: golongan IV berbasis Poli Alfa Olefin (PAO) sedangkan golongan V berupa ester. Minyak pelumas golongan V dengan basis ester poliol memiliki keunggulan bersifat *biodegradable*, tidak beracun, memiliki indeks viskositas tinggi, dan baik digunakan pada suhu rendah hingga sedang.

Minyak pelumas golongan V berbasis ester poliol berkembang sebagai pelumas sintetis dalam aplikasi otomotif, mesin diesel laut, sistem transmisi, dan industri penerbangan (Jabbari, 2017). Pelumas jenis ini juga cocok digunakan sebagai pelumas kompresor serta refrigeran HFC (hidrofluorokarbon) karena memiliki panas, oksidatif dan stabilitas hidrolitik yang sangat baik (Comstar International Inc).



**BAB III**  
**SELEKSI DAN**  
**URAIAN PROSES**

## BAB III

### SELEKSI DAN URAIAN PROSES

#### III.1 Jenis Proses

Seiring berjalannya waktu, proses pemurnian ulang (*re-refinery*) minyak pelumas bekas terus berkembang, terutama dari aspek *yield* dan keramahan terhadap lingkungan. Teknologi yang pertama dikembangkan pada 1960-an adalah *acid-clay re-refining*. Proses ini melibatkan asam sulfat dan tanah liat (*clay*) untuk mengolah minyak pelumas bekas. Teknologi ini dilarang di banyak negara karena menghasilkan tar, tanah liat yang mengandung minyak jenuh, dan produk samping lainnya yang berbahaya.

Saat ini, proses pemurnian ulang didasarkan pada perlakuan kimia khusus, distilasi vakum, ekstraksi, ultrafiltrasi, dan hidrogenasi. Berikut adalah uraian mengenai masing-masing teknologi secara umum:

##### 1. Teknologi Distilasi Vakum / Evaporasi

Minyak pelumas bekas diolah terlebih dahulu untuk menghindari pengendapan kontaminan yang dapat menyebabkan korosi dan pengotoran pada peralatan. Minyak pelumas bekas pra-pengolahan didistilasi untuk memisahkan air dan hidrokarbon ringan. Air yang dihasilkan diolah dan dikirim ke fasilitas pengolahan air limbah, sedangkan hidrokarbon ringan digunakan di pabrik sebagai bahan bakar atau dijual sebagai produk. Minyak bebas air kemudian mengalami distilasi vakum tinggi menggunakan kolom vakum konvensional atau dalam evaporator film tipis untuk pemisahan bahan bakar diesel. Bahan-bahan seperti residu, logam, produk degradasi aditif, dan lain-lain diteruskan ke aliran fluks aspal yang berat.

Distilat dihidrotreasi (*hydrotreating*) pada suhu dan tekanan tinggi dengan adanya katalis untuk menghilangkan nitrogen, sulfur, klor, dan komponen organik teroksidasi. Di

bawah vakum tinggi, oli *hydrotreated* selanjutnya difraksinasi menjadi rantai yang diinginkan yang digunakan sebagai komponen oli motor, industri, dan hidrolik. Residu dari distilasi vakum digunakan untuk memproduksi aspal jalan dan atap.

## 2. Teknologi Berbasis Hidrogenasi

Bejana bertekanan dirancang khusus untuk mencampur hidrogen panas dengan bahan baku yang telah disaring untuk menghilangkan padatan. Campuran yang dipanaskan kemudian dipindahkan ke *flash separator* dan cairan yang dihasilkan dialihkan ke *stripper* residu. Gabungan uap *flash separator* dan *overhead* residu *stripper* diproses terlebih dahulu melalui reaktor katalitik untuk pembuangan logam terlarut.

Tahap selanjutnya adalah desulfurisasi, deklorinasi, konversi oksigenat, denitrifikasi, saturasi aromatic, dan reaksi *hydrocracking*. Kondisi pemrosesan seperti tekanan, kecepatan ruang, dan laju sirkulasi hidrogen bervariasi dari unit ke unit tergantung pada kualitas bahan baku, dengan tekanan tertinggi sekitar 80 bar.

Hasil pengolahan ini adalah produk hidrokarbon yang memiliki rentang didih yang jauh. Produk hidrokarbon kemudian difraksinasi menjadi produk minyak netral yang memiliki viskositas berbeda, yang digunakan untuk campuran minyak pelumas. Proses ini dapat mencapai lebih dari 85% pemulihan minyak pelumas bekas.

## 3. Teknologi Ultra-Filtrasi

Ini adalah teknologi pemurnian ulang yang lebih bersih dan hemat energi. Proses pada teknologi ini didasarkan pada ultra-filtrasi limbah minyak menggunakan membran atau penghalang yang efisien dengan dukungan karbon. Teknologi ini mencakup sentrifugasi limbah minyak pada suhu rendah untuk menghilangkan air dan endapan ukuran besar dan pra-distilasi. Minyak pra-olahan ditambahkan bahan kimia untuk meningkatkan kualitas. Kemudian minyak dipindahkan ke kolom fraksinasi untuk memisahkan dari gas. Tahap kunci dari proses ini adalah ultrafiltrasi pada suhu tinggi untuk memisahkan minyak, polimer,

dan partikel halus menggunakan filter tubular dengan diameter lebih kecil. Hidrokatalitik sebagai tahap berikutnya digunakan untuk meningkatkan warna produk akhir. Langkah ini menghasilkan bahan bakar gas yang dipisahkan dari minyak melalui distilasi vakum.

#### 4. Teknologi Berbasis Ekstraksi

Teknologi berbasis ekstraksi adalah inovasi yang lebih baru dalam distilasi vakum dan teknologi pengolahan tanah. Perlakuan kimia diganti dengan ekstraksi menggunakan propana selama tahap awal dan dilakukan pada suhu kamar. Langkah-langkah dasar dari proses ini adalah ekstraksi menggunakan pelarut, pemisahan minyak, distilasi atmosfer, distilasi vakum, dan penyaringan menggunakan *earth treatment*.

Berdasarkan teknologi tersebut, banyak perusahaan mengembangkan proses khusus untuk mendaur ulang limbah minyak. Beberapa yang telah teruji di industri adalah Mohawk, Relube, Meinken, Hylube, dan Snamprogetti.

##### 1. Mohawk

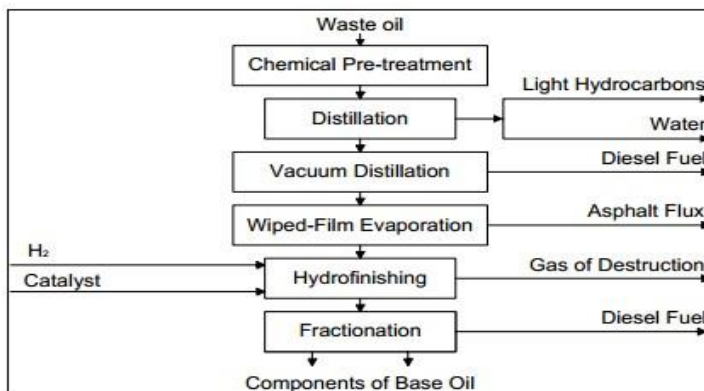
Mohawk adalah teknologi yang dikembangkan oleh Chemical Engineering Partners (CEP), San Francisco. Teknologi ini menerapkan prinsip kerja distilasi vakum, *wiped film evaporator* (WFE), dan *hydrofinishing*.

Tahapan proses Mohawk diawali dengan pengolahan pelumas bekas secara kimiawi untuk menghindari endapan kontaminan yang dapat menyebabkan korosi dan *fouling* pada peralatan. Oli bekas yang sudah diolah didistilasi untuk memisahkan air dan hidrokarbon ringan. Air diolah dan dikirim ke fasilitas pengolahan air limbah. Hidrokarbon ringan digunakan di pabrik sebagai bahan bakar atau dijual sebagai produk.

Selanjutnya, minyak bebas air pada kondisi vakum tinggi disuling dalam *thin film evaporator* untuk pemisahan bahan bakar diesel, yang dapat digunakan di tanaman atau dijual sebagai bahan bakar; bahan berat seperti residu, logam, produk degradasi aditif, dan lain-lain diteruskan ke aliran fluks aspal. Distilat

dihidropurifikasi pada suhu dan tekanan tinggi pada *catalytic bed* untuk menghilangkan nitrogen, sulfur, klor, komponen organik teroksigenasi). Bekas katalis hidropurifikasi dikeluarkan dari proses.

Produk yang diperoleh, yang dapat dipisahkan menjadi rantai yang diinginkan dengan fraksinasi di bawah vakum tinggi, digunakan sebagai komponen oli motor, industri dan hidrolis. Produk proses ini memiliki kualitas yang baik. Residu dari distilasi vakum digunakan untuk memproduksi jalan dan atap aspal. Diagram alir dari proses Mohawk adalah sebagai berikut:



**Gambar III.1.1** Diagram Alir Proses Mohawk

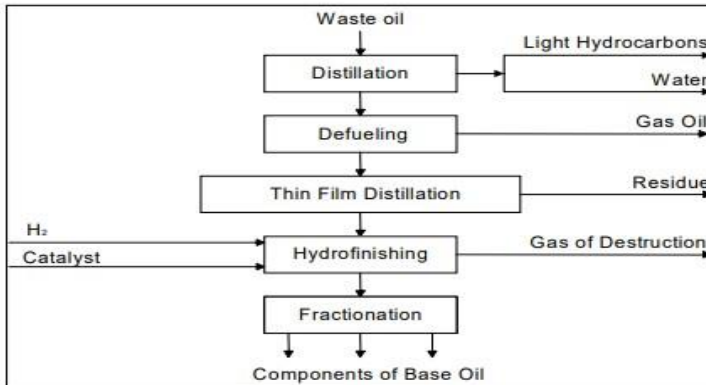
## 2. Relube

Teknologi milik lisensor KTI ini meliputi proses pemisahan fraksi air dan hidrokarbon ringan dari limbah minyak dalam kolom distilasi atmosfer dan minyak-gas dalam kolom *stripping*. Distilasi vakum memisahkan fraksi minyak dari residu berat yang mengandung kotoran dan berat lainnya komponen yang tidak diinginkan. Distilasi vakum dilakukan di bawah suhu 320 ° C di *thin film evaporator* untuk menghindari stres termal. Minyak olahan dicampur dengan hidrogen dan melewati lapisan katalis dalam tahap *hydrotreating* untuk menghilangkan sulfur, oksigen



dan senyawa yang mengandung nitrogen, dan untuk meningkatkan warna produk.

Diagram alir proses Relube adalah sebagai berikut:



**Gambar III.1.2** Diagram Alir Proses Relube

### 3. Meinken

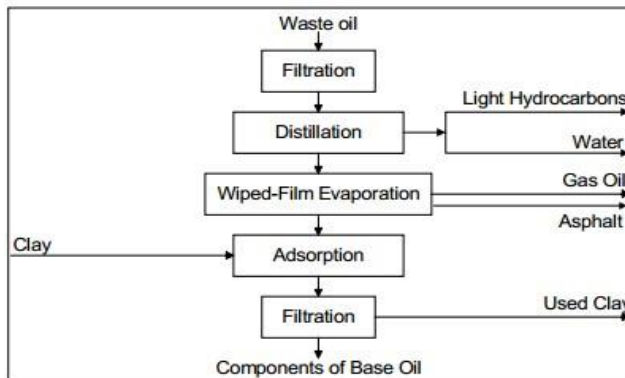
Teknologi Meinken menggunakan distilasi dan *activated clay*. Oli bekas disaring terlebih dahulu dalam filter kasar untuk menghilangkan kotoran padat yang berukuran besar. Pada tahap pertama dari proses, minyak mengalami dehidrasi dan didistilasi pada suhu sekitar 150° C (bagian atas kolom) hingga 350° C (bagian bawah kolom) dan tekanan atmosfer. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan hidrokarbon ringan dan pembuangan air.

Minyak masuk dari bagian atas kolom untuk menghilangkan air sebelum memasuki bagian bawah. Air menguap di bagian atas dan bensin terkondensasi dalam kondensor berpendingin air kemudian terpisah. Semua oli bekas yang mengalir ke bagian bawah kolom di mana minyak (~ 85%) diuapkan di bawah vakum 50 kPa dan dikirim untuk perawatan lebih lanjut.

Bagian minyak yang tidak diuapkan (~ 15%) merupakan residu yang mengandung minyak berat dan kontaminan padat. Sebelum dikirim ke evaporator (WFE), 4-5% dari tanah liat

diaktifkan dan ditambahkan ke minyak. WFE bekerja di bawah suhu 290° C dan tekanan 10-15 kPa. Di dalam proses, fraksi gas-minyak (~ 15%) dipisahkan dari minyak, yang kemudian dicampur dengan tanah liat aktif. Tanah liat dipisahkan dengan menyaring dalam *filter cake*, yang dikirim ke regenerasi, atau dibuang. Minyak dicampur dengan aditif dan dapat digunakan sebagai minyak dasar untuk pelumasan.

Teknologi ini mulanya menggunakan asam namun saat ini ditinggalkan karena alasan ekologi. Proses Meinken tidak dapat menghilangkan senyawa sulfur, PAHs. Kualitas produk termasuk kategori sedang karena sangat tergantung dari kualitas bahan baku. Diagram alir proses ini ditunjukkan oleh gambar berikut:



**Gambar III.1.3** Diagram Alir Proses Meinken

#### 4. Hylube

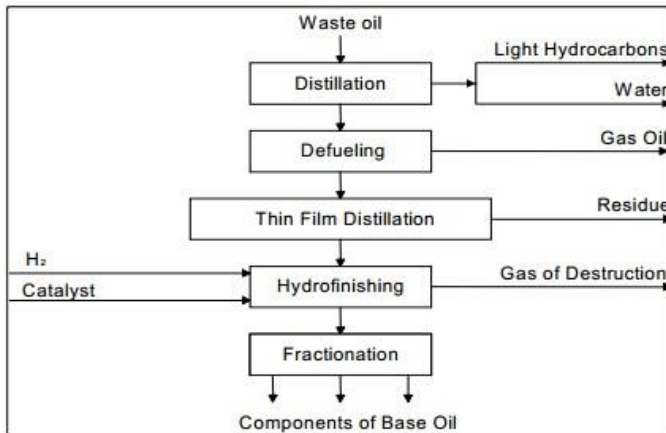
Berbeda dari proses pemurnian ulang lainnya, teknologi Hylube tidak terdiri dari satu rangkaian operasi tetapi satu unit yang beroperasi kontinu dengan efisiensi *onstream* tahunan lebih dari 90%. Proses ini menggunakan prinsip *direct contact hydrogenation*.

Oli bekas disaring, lalu dicampur dengan gas yang mengandung hidrogen yang dipanaskan dan dikirim ke flash-separator, tempat logam, campuran padat, dan sejumlah kecil

fraksi berat dipisahkan (berat residu dihilangkan setelah stabilisasi). Tujuan dari *pretreatment* ini adalah memanaskan minyak bekas dengan hidrogen dan untuk menghindari kontak dengan permukaan panas (untuk mencegah *fouling*).

Minyak kemudian diperlakukan dalam reaktor hidroprosesor. Di dalam reaktor, minyak di-*hydrotreat* dengan katalis UOP di bawah tekanan 800 psi dan suhu 450°C. Minyak dari reaktor dipindahkan ke *flash separator* tempat air dan gas dipisahkan dari fraksi minyak. Selanjutnya minyak menjadi bahan baku minyak dasar dengan kualitas tinggi.

Tahap pengembangan dari teknologi ini, produk ringan difraksinasi untuk mendapatkan bahan bakar rendah sulfur. Sementara itu, air dimurnikan dengan proses khusus dan residu yang sangat stabil untuk aspal campuran. Hidrogen yang tidak bereaksi didaur ulang kembali ke proses. Proses Hylube digambarkan oleh diagram alir berikut:



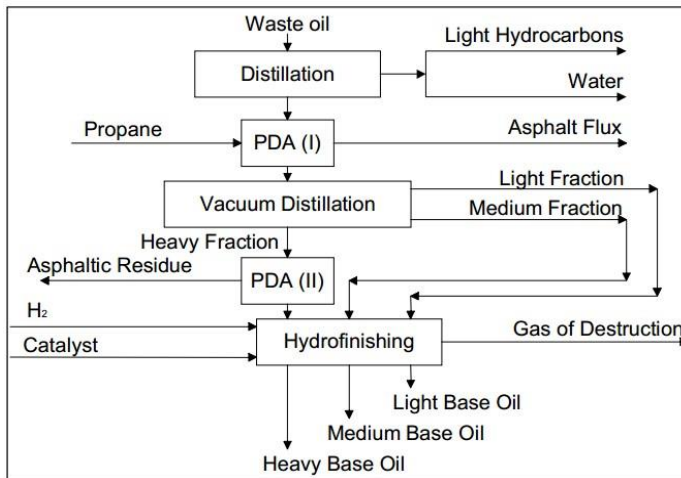
**Gambar III.1.4** Diagram Alir Proses Hylube

### 5. Snamprogetti

Minyak yang dipanaskan dikirim ke kolom pra-distilasi untuk pemisahan hidrokarbon air dan cahaya. Kemudian, minyak diolah dengan cairan propana pada suhu 7595° C dalam bagian

*Propane-Deasphalting* (PDA I) untuk menghilangkan sebagian besar pengotor (komponen aspal, hidrokarbon teroksidasi, padatan tersuspensi, dll.) dari bagian bawah kolom. Setelah *stripping* propana, minyak dipanaskan lagi dan didistilasi vakum pada suhu 300 °C. Pada tahap ini, minyak pelumas dasar memiliki viskositas rendah bebas dari kotoran yang dipisahkan.

Fraksi bawah terdiri dari pelumas yang lebih berat di mana kotoran tetap, dipanaskan sampai suhu 300-450 °C di bawah kondisi adiabatik. Produk ini dirawat di *PropaneDeasphalting* kedua (PDA II). Setelah ekstraksi, propana didaur ulang dalam proses melalui *stripping*. Semua minyak dasar yang diproduksi secara terpisah dikirim ke tahap *hydrofinishing*. Proses Snamprogetti ini mampu menghasilkan beberapa jenis minyak pelumas dengan karakteristik yang berbeda. Berikut adalah diagram alir Snamprogetti:



**Gambar III.1.5** Diagram Alir Proses Snamprogetti

Dari beberapa tahap yang dilalui oleh minyak pelumas bekas pada proses yang dibahas sebelumnya, minyak pelumas bekas diolah untuk menghasilkan minyak dasar. Untuk mengolah

minyak dasar tersebut menjadi minyak pelumas golongan V, maka perlu proses *finishing* seperti berikut ini:

A. *Catalytic Cracking*

*Lube oil fraction* dari *vacuum distillation unit* kemudian dimasukkan ke dalam reaktor untuk direngkahkan menjadi rantai yang lebih pendek. *Feed* yang berupa *lube oil fraction* memiliki rantai yang panjang, akan dipotong menjadi rantai yang lebih pendek. Produk utama yang diinginkan dari proses *cracking* ini adalah *ethylene*. *Byproduct* yang dihasilkan dari reaksi *cracking* ini adalah *propylene*, *butene*, dan *butadiene*. Proses ini beroperasi pada tekanan 1 atm dan temperatur 600°C.

B. *Ethylene Distillation Column*

Setelah produk reaksi *cracking* yang menghasilkan *ethylene*, *propylene*, *butene*, dan *butadiene*. Untuk memisahkan produk yang diinginkan, dilakukan distilasi untuk memisahkan *ethylene* dari *byproduct* lainnya. *Ethylene distillation column* beroperasi pada tekanan 35 atm dan temperatur 20°C pada kondenser.

C. *Octanol Synthesis*

Octanol disintesis dari *ethylene* melalui proses Ziegler-Alfol process yang terdiri dari tiga tahap:

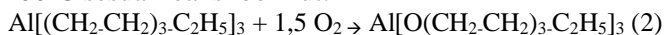
- Pembentukan rantai C

Pada tahap ini, *ethylene* dan *triethylaluminum* direaksikan pada suhu 120°C dan tekanan 100-140 bar. Hasil reaksi ini merupakan suatu produk antara yang akan teroksidasi oleh oksigen pada tahap selanjutnya. Reaksi yang berlangsung adalah sebagai berikut:



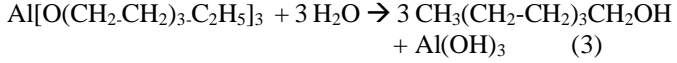
- Oksidasi

Produk antara dibakar dengan udara kering pada suhu 50-100°C sesuai reaksi berikut:

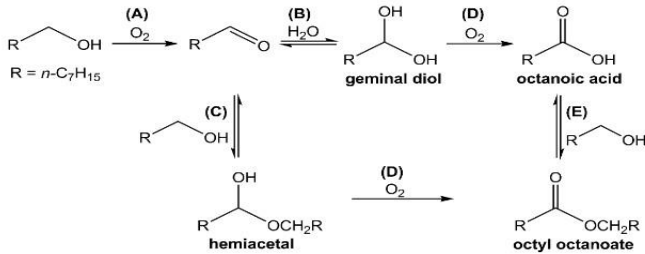


- Hidrolisis

Pada tahap terakhir, terjadi proses hidrolisis untuk memperoleh produk oktanol sesuai reaksi berikut:



#### D. Octanol Oxidation Reactor

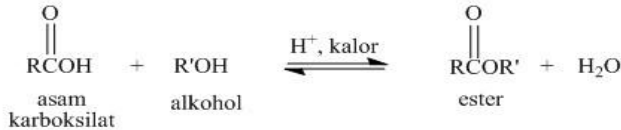


**Gambar III.1.6** Reaksi Oksidasi Oktanol

Oktanol dioksidasi oleh udara kering pada 100°C dan 1 atm sehingga membentuk asam oktanoat seperti pada **Gambar III.1.6**. Asam oktanoat selanjutnya dipisahkan dari air dan oktil oktanoat, lalu menuju tahap esterifikasi.

#### E. Esterification

Esterifikasi adalah reaksi pengubahan dari suatu asam karboksilat dan alkohol menjadi suatu ester dengan menggunakan katalis asam. Ester adalah suatu senyawa yang mengandung gugus  $-\text{COOR}$  dengan R dapat berbentuk alkil maupun aril. Suatu ester dapat dibentuk dengan reaksi yang bersifat *reversible* sebagai berikut:



**Gambar III.1.7** Reaksi Esterifikasi secara Umum

Esterifikasi merupakan tahap yang penting dalam proses pabrik karena akan terbentuk senyawa ester yang merupakan produk minyak pelumas golongan V.

Jabbari dan Pesyan (2017) menjelaskan proses esterifikasi minyak pelumas golongan V dilakukan di dalam reaktor dengan mengumpankan polioliol, asam karboksilat dan katalis. Dilakukan pula penambahan toluene untuk mengikat produk samping berupa air. Campuran air dan toluene kemudian dipisahkan melalui distilasi dan toluene yang murni kembali digunakan di dalam reaktor.

Produk yang terbentuk diproses di *rotary evaporator* untuk menguapkan sisa air dan toluene yang masih terikut. Selanjutnya, poliolester dan katalis dipisahkan melalui proses netralisasi dengan metode pencucian. Poliolester yang terbebas dari katalis dikeringkan untuk memastikan produk tidak mengandung air. Tahap ini dilakukan dengan penambahan sodium sulfat anhidrat yang akan mengikat air dan menjadi senyawa hidrat. Selanjutnya, produk menuju *packed bed (silica gel)* dan dipisahkan dari sisa-sisa toluene melalui pompa vakum. Pada tahap terakhir, produk didistilasi untuk mendapatkan poliolester.

Terdapat tiga reaksi yang berlangsung untuk mendapatkan poliolester yaitu:

1. Sintesis *pentaerythritoltetrahexanoate ester*
2. Sintesis *trimethylolpropantrihexanoate ester*
3. Sintesis *trimethylolpropantriocanoate ester*

## II.2 Perbandingan Proses

Setiap proses yang telah dituliskan pada subbab III.1 memiliki kelebihan dan kekurangan tersendiri serta menyesuaikan bahan baku yang dikelola dan spesifikasi kebutuhan produk yang diharapkan.

Berikut ini merupakan tabel perbandingan tahap pemurnian minyak pelumas bekas menggunakan berbagai lisensor:

**Tabel III.2.1** Perbandingan Tahapan Pemurnian Minyak Pelumas Bekas Berbagai Lisensor

	Meinken	KTI	Mohawk	HyLube	Snamp rogetti
Distilasi atmosferik	1	1	2		1
<i>Chemical pre-treatment</i>			1		
Demetalisasi					
Pemisahan					
Ekstraksi pelarut					2, 5
Perolehan kembali pelarut					3
<i>Acid and earth treatment</i>	2				
Distilasi vakum		2	3	3	4
Perlakuan kimia				2	
Hidrogenasi		3	4	1	6
Distilasi film tipis	3				
Fraksionasi		4	5	4	
<i>Earth treatment</i>					
<i>Autoclave, ultrafiltrasi</i>					
Hidrokarbon menguap di atas kondisi kritis			6		



**Tabel III.2.2 Perbandingan Performa Berbagai Lisensor Pemurnian Minyak Pelumas Bekas**

	<b>Meinken</b>	<b>KTI/Relube</b>	<b>Mohawk</b>	<b>Hylube</b>	<b>Snamprogetti</b>
<b>Tahapan utama</b>	5	4	6	5	5
<b>Kualitas produk</b>	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Rendah	Sedang (tergantung)
<b>Lingkungan</b>	Lumpur asam Gas alam	-	Kemungkinan emisi gas H <sub>2</sub> S	Terdapat H <sub>2</sub> S dan HCl	Propan mudah meledak
<b>Operasi dan keamanan</b>	-	Tingkat pengotor tinggi	Tingkat korosi rendah	Suhu dan tekanan tinggi Harga katalis mahal	Tingkat kecelakaan tinggi
<b>Ekonomi</b>	- <i>Capital investment</i> rendah - <i>Operational cost</i> tinggi -Umur katalis tidak terlalu tinggi	<i>Operational cost</i> rendah Umur katalis pendek	- <i>Capital investment</i> rendah - <i>Operational cost</i> rendah -Residu sebagai bahan pembuatan aspal -Katalis berumur panjang	<i>Operational cost</i> rendah Investasi dan biaya operasional tinggi	Biaya <i>solvent</i> tinggi

Berikut adalah perbandingan ketiga reaksi esterifikasi Jabbari dan Pesyan (2017):

**Tabel III.2.3** Perbandingan Reaksi Esterifikasi Jabbari dan Pesyan (2017)

	<b>Proses 1</b>	<b>Proses 2</b>	<b>Proses 3</b>
Alkohol	<i>Penta erythritol</i>	<i>Trimethylol propan</i>	<i>Trimethylol propan</i>
Asam karboksilat	<i>Hexanoic acid</i>	<i>Hexanoic acid</i>	<i>Octanoic acid</i>
Suhu reaktor (°C)	120	125	110
Reaksi (jam)	5	5	5
Massa katalis (%)	3.2	2	2
<i>Yield</i> (%)	87	89	90

### III.3 Pemilihan Proses

Menurut United Nations Environment Program (2012) terdapat delapan indikator yang perlu dipertimbangkan untuk memilih teknologi re-refining oli bekas agar dapat memenuhi kebutuhan pasar, industri, dan lingkungan. Indikator tersebut antara lain:

1. Teknologi ramah lingkungan
2. Kualitas produk tinggi
3. Konsistensi kualitas produk
4. *Base oil yield* tinggi
5. Ekonomis
6. Dapat memproses berbagai jenis oli bekas
7. Dapat meminimalkan kontaminan
8. Penanganan terhadap limbah berbahaya

Berdasarkan perbandingan performa kelima lisensor pada **Tabel III.2.2**, dilakukan proses penilaian untuk memilih proses yang terbaik dan diaplikasikan di pabrik. Pemilihan ini berdasarkan pembobotan menggunakan metode *Expert Choice*. Nilai yang diberikan pada setiap parameter berskala 1 hingga 3, dengan 1 merupakan nilai terkecil dan begitu pula sebaliknya.

**Tabel III.3.1** Perbandingan Kuantitatif Berbagai Proses Pengolahan Minyak Pelumas Bekas dengan Metode *Expert Choice*

	<b>Meinken</b>	<b>Relube</b>	<b>Mohawk</b>	<b>Hylube</b>	<b>Snamp ogetti</b>
Tahapan utama	3	3	2	3	3
Kualitas produk	3	3	3	1	2
Lingkungan	1	2	2	1	2
Operasi dan safety	3	2	3	1	2
Ekonomi	2	2	3	2	1
<b>TOTAL</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>10</b>

Berdasarkan perhitungan di atas, proses Mohawk memiliki nilai tertinggi dari kelima parameter utama yang dipertimbangkan. Dengan hasil tersebut, maka proses Mohawk dipilih untuk proses produksi pabrik.

Pada proses esterifikasi, mengacu pada **Tabel III.2.3**, dipilih proses 3 yaitu esterifikasi trimetilolpropan sebagai poli-alkohol dan asam oktanoat. Pemilihan ini berdasarkan kebutuhan katalis yang lebih sedikit dan *yield* yang paling optimal.

### III.4 Uraian Proses

Proses pengolahan minyak pelumas bekas menjadi minyak pelumas dasar golongan V menggunakan teknologi MOHAWK adalah sebagai berikut.

Langkah awal yang harus dilakukan adalah melakukan analisis terhadap bahan baku minyak pelumas bekas. Tahap ini merupakan tahap yang penting karena menyangkut penggunaan dari alat produksi sehingga proses lebih optimal. Berdasarkan analisis tersebut, juga dapat ditentukan *chemical treatment* yang harus dilakukan untuk mengurangi *fouling* yang dapat terjadi pada peralatan proses.

Setelah *pre-treatment*, bahan baku dipanaskan dengan *heat exchanger* (E-122) sampai suhunya mencapai 130°C. Kemudian, dipisahkan dari air dan minyak ringan di dalam *Flash Separator* (H-120). Bahan baku bebas air dan minyak ringan dipompa menuju *Gas Oil Distillation Column* (D-130) dengan kondisi vakum (0.02 bar) untuk memisahkan *gas oil* dengan *lube oil*. Produk atas berupa *gas oil*, sedangkan *lube oil* merupakan produk bawah. *Lube oil* bebas *gas oil* dipompa melewati *heat exchanger* (E-152) untuk dipanaskan sampai suhunya 280°C.

Setelah itu, *lube oil* diproses dalam Vacuum Distillation (D-150) dengan tekanan vakum (0.01 bar) untuk memisahkan *asphalt residue* dengan *lube oil*. *Asphalt residue* menjadi produk *bottom*, sedangkan *lube oil* bebas aspal menjadi produk atas *vacuum distillation*. *Vacuum distillation* dilengkapi dengan *Thin Film Evaporator* (E-153) sebagai reboiler agar suhu operasi tidak terlalu panas. Suhu melebihi 370°C akan menyebabkan dekomposisi termal. *Asphalt residue* memiliki nilai ekonomis yaitu dapat digunakan sebagai bahan pembuatan aspal. Selanjutnya, *lube oil* dipompa sampai tekanan 50 bar dan dipanaskan sampai suhu 315°C untuk mempersiapkan kondisi reaksi.

Gas hidrogen tekanan 7 bar ditekan dengan kompresor (G-213) sampai mencapai tekanan 50 bar, lalu dicampur dengan hidrogen *recovery* dari reaksi. Kemudian gas hidrogen dibagi

menjadi 2 aliran. Aliran 18A sebagai feed reaktor hidrodesulfurisasi, sedangkan aliran 18B sebagai feed reaktor *hydrotreating*. Pada reaktor hidrodesulfurisasi (R-170), *lube oil* direaksikan dengan gas hidrogen dengan adanya katalis Ni-Mo. Terjadi reaksi senyawa sulfur dengan gas hidrogen, sehingga senyawa sulfur berkurang dan terbentuk gas H<sub>2</sub>S. Kondisi operasi reaksi pada suhu 315°C dan tekanan 50 bar. Keluaran reaktor hidrodesulfurisasi kemudian dipompa menuju reaktor *hydrotreating*.

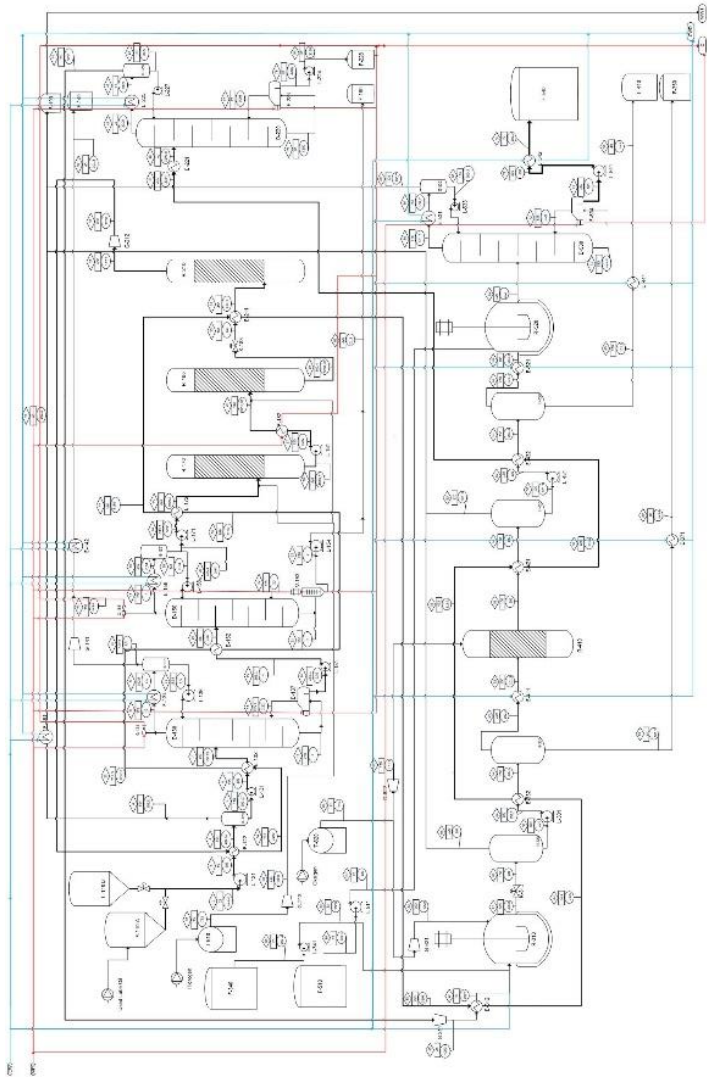
Pada reaktor *hydrotreating* (R-180), produk dari proses sebelumnya direaksikan dengan gas hydrogen untuk mengubah senyawa aromatis menjadi senyawa jenuh dengan katalis Co-Mo. Reaktor beroperasi pada suhu 365°C dan tekanan 50 bar. Produk keluaran reaktor diharapkan memiliki kandungan senyawa jenuh lebih dari 90%. Setelah itu, tekanan *lube oil* dikurangi menjadi 1,4 bar dengan *pressure reducing valve* (K-183).

Selanjutnya, *lube oil* dipanaskan dalam heat exchanger (E-211) sehingga suhu *lube oil* menjadi 450°C. Setelah itu, *lube oil* diproses dalam *catalytic cracking reactor* (R-210) untuk merengkah rantai karbon yang lurus dan panjang menjadi rantai carbon yang lebih pendek. Produk reaktor (R-210) merupakan gas *ethylene* pada suhu 600 °C. Gas ini kemudian dikompresi pada (G-212) hingga tekanannya mencapai 32 bar. Dampak dari kompresi yaitu suhu gas naik menjadi 830 °C dan dimanfaatkan untuk memanaskan beberapa *heat exchanger* antara lain E-122, E-132, E-152, E-172, E-211, E-312, E-332, E-421, E-432, dan kembali lagi ke proses pada suhu 295 °C.

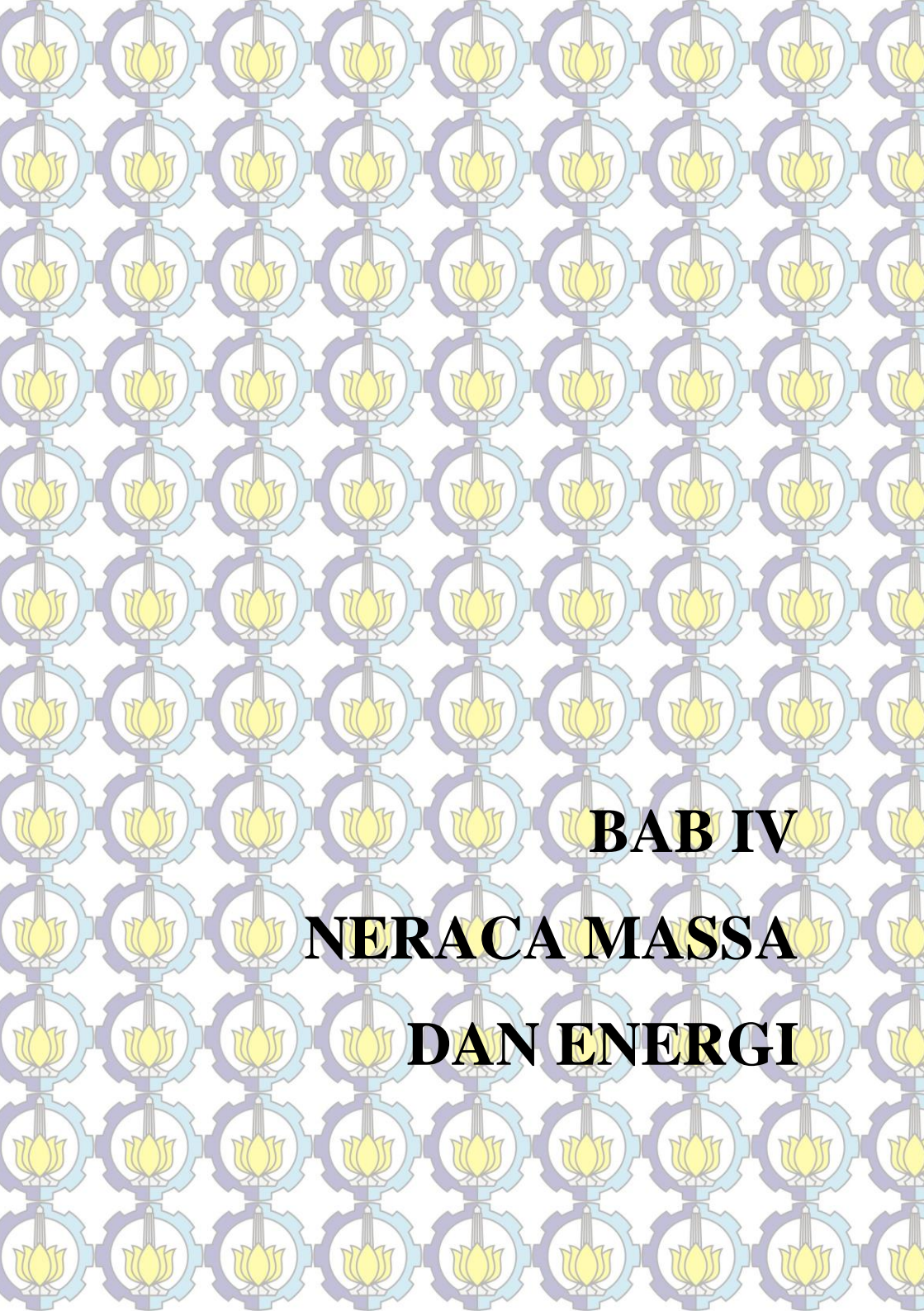
Produk *catalytic cracking reactor* didinginkan hingga 40 °C dan dipisahkan dari *impurities* melalui proses distilasi °C di D-220. *Ethylene* yang terbebas dari *impurities* dikompresi pada G-311 hingga 40 bar untuk memenuhi kondisi operasi pada proses selanjutnya. Setelah dikompresi, *ethylene* direaksikan dengan *triethylaluminum* dan oksigen dalam *Ethylene Hydration Reactor* (R-310). Reaktor eksotermis ini bekerja pada 47 °C dan 40 bar, dilengkapi dengan jaket *cooling water* pada suhu 25 °C. Pada

reaktor (R-310) berlangsung proses pembentukan oktanol. Produk utama ini kemudian dipisahkan dari air dan  $\text{Al}(\text{OH})_3$  di *flash separator* (H-320) dan (H-330). Sebelum memasuki separator (H-320), tekanan produk diturunkan hingga 1,04 bar dengan *pressure reducing valve* (K-313).

Oktanol yang telah dipisahkan dari produk samping akan mengalami oksidasi di reaktor (R-410) menjadi *octanoic acid*. Reaksi ini melibatkan oksigen dari udara sebagai oksidator. *Octanoic acid* yang terbentuk pada suhu 100 °C dipisahkan dari air dan *octyl octanoate* di *flash separator* (H-420) dan (H-430). Selanjutnya, *octanoic acid* memasuki *Polyolester Reactor* (R-520) dan direaksikan dengan *Trimethylolpropane* (TMP). Pada reaktor ini terjadi reaksi esterifikasi yang menghasilkan *polyolester* yaitu senyawa minyak pelumas golongan V. *Polyolester* kemudian dipisahkan dari produk samping esterifikasi yaitu air melalui proses distilasi di D-530. Produk *polyolester* yang telah murni kemudian ditampung di tangka F-540. Keseluruhan proses digambarkan dalam diagram alir berikut:



**Gambar III.4.1** Diagram Alir Proses Pabrik Minyak Pelumas Dasar  
Golongan V dari Minyak Pelumas Bekas



**BAB IV**  
**NERACA MASSA**  
**DAN ENERGI**



# BAB IV

## NERACA MASSA DAN ENERGI

### IV.1 Neraca Massa

Kapasitas Produksi = 2.080 kL Used Oil/bulan  
= 69,35 kL Used Oil/hari  
= 2,89 kL Used Oil/jam  
= 2.638 kg Used Oil/jam

Densitas = 913 kg/m<sup>3</sup>

Waktu Operasi = 1 tahun = 330 hari = 7.920 jam

### Basis Perhitungan:

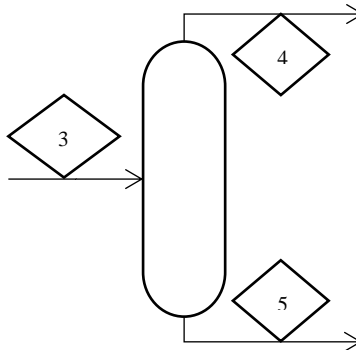
Bahan baku = 2.638 kg Used Oil/jam

Waktu = 1 jam

### Keterangan gambar:

◇ Nomor aliran

#### IV.1.1 *Pre-Flash Distillation Column (H-120)*



**Gambar IV.1.1** Aliran Massa *Pre-Flash Distillation Column*

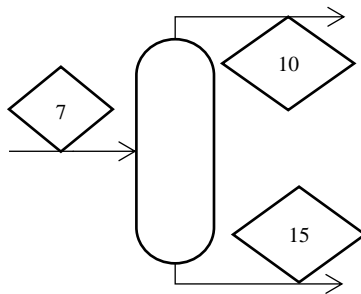
Fungsi: menghilangkan kandungan *light ends* dan air pada *used oil*

**Tabel IV.1.1** Neraca Massa *Flash Separator*

Komponen	Masuk		Keluar			
	<3>		<4>		<5>	
	Fraksi	Massa	Fraksi	Massa	Fraksi	Massa
n-Dodecyl-BZ	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00000
Chrysene	0,0013	3,5203	0,0000	0,00001	0,0014	3,52026
H <sub>2</sub> S	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00000
Hydrogen	0,00000	0,0000	0,0000	0,00000	0,0000	0,00000
n-C18	0,0000	0,0000	0,0000	0,00000	0,0000	0,00000
1OctadThiol	0,00245	6,3673	0,0000	0,00007	0,0025	6,36725
H <sub>2</sub> O	0,00149	3,8812	0,8626	3,09130	0,0003	0,78988
NBP[0]151*	0,00315	8,1937	0,0389	0,13949	0,0031	8,05417
NBP[0]165*	0,00339	8,8092	0,0280	0,10042	0,0034	8,70876
NBP[0]179*	0,00371	9,6388	0,0203	0,07269	0,0037	9,56608
NBP[0]193*	0,00410	10,6451	0,0146	0,05241	0,0041	10,5927
NBP[0]208*	0,00458	11,9013	0,0105	0,03777	0,0046	11,8635
NBP[0]222*	0,00519	13,4817	0,0075	0,02677	0,0052	13,4549
NBP[0]236*	0,00600	15,5801	0,0053	0,01917	0,0060	15,5609
NBP[0]250*	0,00712	18,4865	0,0039	0,01384	0,0071	18,4726
NBP[0]264*	0,00841	21,8583	0,0027	0,00981	0,0084	21,8485
NBP[0]279*	0,00992	25,7647	0,0019	0,00680	0,0099	25,7579
NBP[0]293*	0,01236	32,1144	0,0014	0,00486	0,0124	32,1095
NBP[0]307*	0,01599	41,5369	0,0010	0,00355	0,0160	41,5333
NBP[0]321*	0,01701	44,1818	0,0006	0,00214	0,0170	44,1797
NBP[0]335*	0,01647	42,7855	0,0003	0,00111	0,0165	42,7844
NBP[0]349*	0,01801	46,7990	0,0002	0,00063	0,0180	46,7983

NBP[0]363*	0,02013	52,2956	0,0001	0,00037	0,0202	52,2952
NBP[0]378*	0,02558	66,4505	0,0001	0,00023	0,0256	66,4502
NBP[0]392*	0,03745	97,2952	0,0000	0,00017	0,0375	97,2951
NBP[0]407*	0,04870	126,520	0,0000	0,00010	0,0488	126,520
NBP[0]421*	0,10969	284,938	0,0000	0,00011	0,1098	284,938
NBP[0]441*	0,23397	607,801	0,0000	0,00007	0,2343	607,801
NBP[0]466*	0,11402	296,199	0,0000	0,00001	0,1142	296,199
NBP[0]493*	0,06641	172,507	0,0000	0,00000	0,0665	172,507
NBP[0]522*	0,03903	101,388	0,0000	0,00000	0,0391	101,388
NBP[0]550*	0,04364	113,367	0,0000	0,00000	0,0437	113,367
NBP[0]579*	0,12067	313,473	0,0000	0,00000	0,1208	313,473
<b>TOTAL</b>	<b>1,00</b>	<b>2597,78</b>	<b>1,00</b>	<b>3,58</b>	<b>1,00</b>	<b>2594,20</b>
	<b>2.597,8</b>		<b>2.597,8</b>			

#### IV.1.2 Gasoil Removal (D-130)



**Gambar IV.1.2** Aliran Massa *Gasoil Removal*

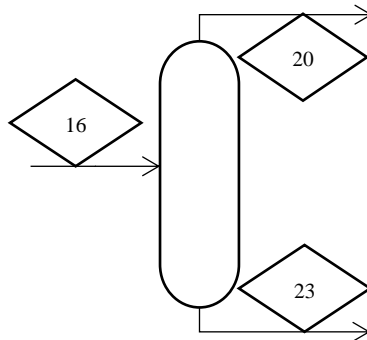
Fungsi: menghilangkan fraksi *gasoil* sekaligus kandungan sulfur yang terdapat dalam *used oil*

**Tabel IV.1.2** Neraca Massa *Gasoil Removal*

Komponen	Masuk		Keluar			
	<7>		<10>		<15>	
	Fraksi	Massa	Fraksi	Massa	Fraksi	Massa
n-Dodecyl-BZ	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Chrysene	0,0014	3,5200	0,0000	0,0000	0,0015	3,5200
H <sub>2</sub> S	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Hydrogen	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
n-C18	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1OctadThiol	0,0025	6,3671	0,0000	0,0023	0,0028	6,3647
H <sub>2</sub> O	0,0003	0,7890	0,0026	0,7890	0,0000	0,0000
NBP[0]151*	0,0031	8,0539	0,0264	8,0539	0,0000	0,0000
NBP[0]165*	0,0034	8,7082	0,0286	8,7082	0,0000	0,0000
NBP[0]179*	0,0037	9,5663	0,0314	9,5663	0,0000	0,0000
NBP[0]193*	0,0041	10,5926	0,0347	10,5926	0,0000	0,0000
NBP[0]208*	0,0046	11,8629	0,0389	11,8629	0,0000	0,0000
NBP[0]222*	0,0052	13,4554	0,0441	13,4554	0,0000	0,0000
NBP[0]236*	0,0060	15,5601	0,0510	15,5601	0,0000	0,0000
NBP[0]250*	0,0071	18,4718	0,0606	18,4718	0,0000	0,0000
NBP[0]264*	0,0084	21,8489	0,0717	21,8489	0,0000	0,0000
NBP[0]279*	0,0099	25,7581	0,0845	25,7581	0,0000	0,0000
NBP[0]293*	0,0124	32,1092	0,1053	32,1092	0,0000	0,0000
NBP[0]307*	0,0160	41,5335	0,1362	41,5335	0,0000	0,0000
NBP[0]321*	0,0170	44,1793	0,1449	44,1790	0,0000	0,0003
NBP[0]335*	0,0165	42,7854	0,1375	41,9297	0,0004	0,8557
NBP[0]349*	0,0180	46,7981	0,0015	0,4680	0,0202	46,3301
NBP[0]363*	0,0202	52,2964	0,0000	0,0001	0,0228	52,2963
NBP[0]378*	0,0256	66,4486	0,0000	0,0000	0,0290	66,4486

NBP[0]392*	0,0375	97,2948	0,0000	0,0000	0,0425	97,2948
NBP[0]407*	0,0488	126,519	0,0000	0,0000	0,0553	126,519
NBP[0]421*	0,1098	284,936	0,0000	0,0000	0,1245	284,936
NBP[0]441*	0,2343	607,799	0,0000	0,0000	0,2655	607,799
NBP[0]466*	0,1142	296,200	0,0000	0,0000	0,1294	296,200
NBP[0]493*	0,0665	172,507	0,0000	0,0000	0,0754	172,507
NBP[0]522*	0,0391	101,390	0,0000	0,0000	0,0443	101,390
NBP[0]550*	0,0437	113,369	0,0000	0,0000	0,0495	113,369
NBP[0]579*	0,1208	313,476	0,0000	0,0000	0,1369	313,476
<b>TOTAL</b>	<b>1,00</b>	<b>2594,19</b>	<b>1,00</b>	<b>304,89</b>	<b>1,00</b>	<b>2289,31</b>
	<b>2594,1949</b>		<b>2594,1949</b>			

#### IV.1.3 Vacuum Distillation Column (D-150)



**Gambar IV.1.3** Aliran Massa Vacuum Distillation Column

Fungsi: memisahkan fraksi berat dari *used oil*

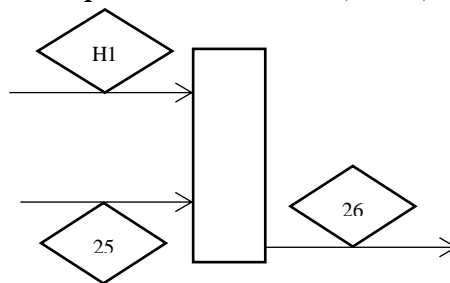
**Tabel IV.1.3** Neraca Massa Vacuum Distillation Column

Komponen	Masuk		Keluar			
	<16>		<20>		<23>	
	Fraksi	Massa	Fraksi	Massa	Fraksi	Massa

n-Dodecyl-BZ	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Chrysene	0,00154	3,5200	0,0018	3,5200	0,0000	0,0000
H <sub>2</sub> S	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Hydrogen	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
n-C18	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1OctadThiol	0,00278	6,3633	0,0032	6,3633	0,0000	0,0000
H <sub>2</sub> O	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]151*	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]165*	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]179*	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]193*	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]208*	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]222*	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]236*	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]250*	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]264*	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]279*	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]293*	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]307*	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]321*	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]335*	0,00096	2,1955	0,0011	2,1955	0,0000	0,0000
NBP[0]349*	0,01959	44,8552	0,0227	44,8552	0,0000	0,0000
NBP[0]363*	0,02285	52,2964	0,0264	52,2964	0,0000	0,0000
NBP[0]378*	0,02903	66,4486	0,0336	66,4486	0,0000	0,0000
NBP[0]392*	0,04250	97,2948	0,0491	97,2948	0,0000	0,0000
NBP[0]407*	0,05527	126,519	0,0639	126,519	0,0000	0,0000
NBP[0]421*	0,12447	284,936	0,1439	284,936	0,0000	0,0000

NBP[0]441*	0,26551	607,799	0,307	607,799	0,0000	0,0000
NBP[0]466*	0,12939	296,200	0,1496	296,200	0,0000	0,0000
NBP[0]493*	0,07536	172,507	0,0871	172,507	0,0000	0,0000
NBP[0]522*	0,04429	101,390	0,0512	101,388	0,0000	0,0015
NBP[0]550*	0,04952	113,369	0,0561	111,101	0,0073	2,2674
NBP[0]579*	0,13694	313,476	0,0032	6,2695	0,9927	307,206 2
<b>TOTAL</b>	<b>1,00</b>	<b>2289,17</b>	<b>1,00</b>	<b>1979,69</b>	<b>1,00</b>	<b>309,48</b>
	<b>2289,2</b>		<b>2289,2</b>			

#### IV.1.4 Hydrodesulphurization Reactor (R-170)



**Gambar IV.1.4** Aliran Massa *Hydrodesulphurization Reactor*  
Fungsi: memisahkan senyawa sulfur dari *used oil*

**Tabel IV.1.4** Neraca Massa *Hydrodesulphurization Reactor*

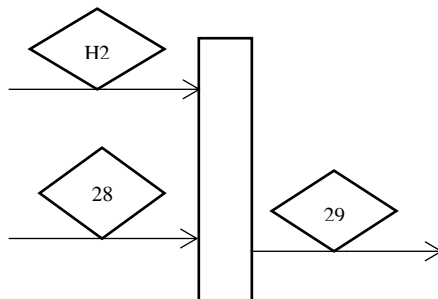
Komponen	Masuk				Keluar	
	<H1>		<25>		<26>	
	Fraksi	Massa	Fraksi	Massa	Fraksi	Massa
n-Dodecyl-BZ	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Chrysene	0,00000	0,0000	0,0018	3,5200	0,0018	3,5200
H <sub>2</sub> S	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004	0,7498
Hydrogen	1,00000	0,0504	0,0000	0,0000	0,0000	0,0060
n-C18	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0028	5,5988

1OctadecThiol	0,00000	0,0000	0,0032	6,3490	0,0000	0,0444
H <sub>2</sub> O	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]151*	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]165*	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]179*	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]193*	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]208*	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]222*	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]236*	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]250*	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]264*	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]279*	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]293*	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]307*	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]321*	0,00000	0,0000	0,0000	0,0006	0,0000	0,0006
NBP[0]335*	0,00000	0,0000	0,0012	2,3986	0,0012	2,3986
NBP[0]349*	0,00000	0,0000	0,0225	44,6302	0,0225	44,6302
NBP[0]363*	0,00000	0,0000	0,0264	52,2961	0,0264	52,2961
NBP[0]378*	0,00000	0,0000	0,0336	66,4486	0,0336	66,4486
NBP[0]392*	0,00000	0,0000	0,0491	97,2948	0,0491	97,2948
NBP[0]407*	0,00000	0,0000	0,0639	126,519	0,0639	126,519
NBP[0]421*	0,00000	0,0000	0,1439	284,936	0,1439	284,936
NBP[0]441*	0,00000	0,0000	0,307	607,799	0,3069	607,799
NBP[0]466*	0,00000	0,0000	0,1496	296,200	0,1496	296,200
NBP[0]493*	0,00000	0,0000	0,0871	172,507	0,0871	172,507
NBP[0]522*	0,00000	0,0000	0,0512	101,390	0,0512	101,390
NBP[0]550*	0,00000	0,0000	0,0527	104,371	0,0527	104,371



NBP[0]579*	0,00000	0,0000	0,0069	13,6302	0,0069	13,6302
Ethylene	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Propene	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1-Butene	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
13-Butadiene	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<b>TOTAL</b>	<b>1,00</b>	<b>0,05</b>	<b>1,00</b>	<b>1980,29</b>	<b>1,00</b>	<b>1980,34</b>
	<b>1980,34</b>				<b>1980,34</b>	

#### IV.1.5 Hydrodearomatization Reactor (R-180)



**Gambar IV.1.5** Aliran Massa Hydrodearomatization Reactor

Fungsi: memisahkan senyawa aromatis dari *used oil*

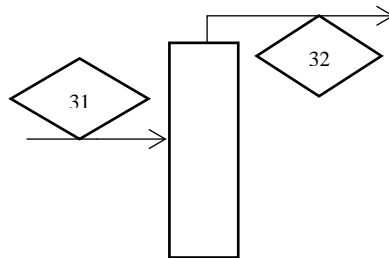
**Tabel IV.1.5** Neraca Massa Hydrodearomatization Reactor

Komponen	Masuk				Keluar	
	<H2>		<28>		<29>	
	Fraksi	Massa	Fraksi	Massa	Fraksi	Massa
n-Dodecyl-BZ	0,0000	0,00000	0,0000	0,00000	0,00182	3,60951
Chrysene	0,0000	0,00000	0,0018	3,51999	0,00009	0,17600
H <sub>2</sub> S	0,0000	0,00000	0,0004	0,74981	0,00038	0,74981
Hydrogen	1,0000	0,30845	0,0000	0,00000	0,00002	0,04268
n-C18	0,0000	0,00000	0,0028	5,59879	0,00283	5,59879

1OctadecThiol	0,0000	0,00000	0,0000	0,04444	0,00002	0,04444
H <sub>2</sub> O	0,0000	0,00000	0,0000	0,00000	0,00000	0,00000
NBP[0]151*	0,0000	0,00000	0,0000	0,00000	0,00000	0,00000
NBP[0]165*	0,0000	0,00000	0,0000	0,00000	0,00000	0,00000
NBP[0]179*	0,0000	0,00000	0,0000	0,00000	0,00000	0,00000
NBP[0]193*	0,0000	0,00000	0,0000	0,00000	0,00000	0,00000
NBP[0]208*	0,0000	0,00000	0,0000	0,00000	0,00000	0,00000
NBP[0]222*	0,0000	0,00000	0,0000	0,00000	0,00000	0,00000
NBP[0]236*	0,0000	0,00000	0,0000	0,00000	0,00000	0,00000
NBP[0]250*	0,0000	0,00000	0,0000	0,00000	0,00000	0,00000
NBP[0]264*	0,0000	0,00000	0,0000	0,00000	0,00000	0,00000
NBP[0]279*	0,0000	0,00000	0,0000	0,00000	0,00000	0,00000
NBP[0]293*	0,0000	0,00000	0,0000	0,00000	0,00000	0,00000
NBP[0]307*	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
NBP[0]321*	0,0000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001
NBP[0]335*	0,0000	0,000	0,001	2,399	0,001	2,399
NBP[0]349*	0,0000	0,000	0,023	44,630	0,023	44,630
NBP[0]363*	0,0000	0,000	0,026	52,296	0,026	52,296
NBP[0]378*	0,0000	0,000	0,034	66,449	0,034	66,449
NBP[0]392*	0,0000	0,000	0,049	97,295	0,049	97,295
NBP[0]407*	0,0000	0,000	0,064	126,519	0,064	126,519
NBP[0]421*	0,0000	0,000	0,144	284,936	0,144	284,936
NBP[0]441*	0,0000	0,000	0,307	607,799	0,307	607,799
NBP[0]466*	0,0000	0,000	0,150	296,200	0,150	296,200
NBP[0]493*	0,0000	0,000	0,087	172,507	0,087	172,507
NBP[0]522*	0,0000	0,000	0,051	101,390	0,051	101,390
NBP[0]550*	0,0000	0,000	0,053	104,371	0,053	104,371

NBP[0]579*	0,0000	0,000	0,007	13,630	0,007	13,630
Ethylene	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Propene	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1-Butene	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
13-Butadiene	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>TOTAL</b>	<b>1,00</b>	<b>0,308</b>	<b>1,00</b>	<b>1980,33</b>	<b>1,00</b>	<b>1980,64</b>
	<b>1980,64</b>				<b>1980,64</b>	

#### IV.1.6 Catalytic Cracking Reactor (R-210)



**Gambar IV.1.6** Aliran Massa *Catalytic Cracking Reactor*

Fungsi: merengkah rantai karbon yang lurus dan panjang menjadi rantai karbon yang lebih pendek

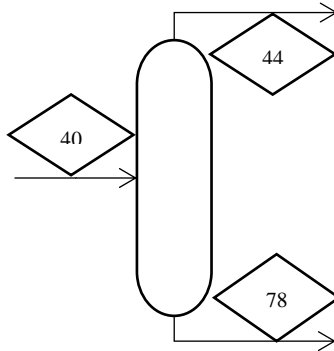
**Tabel IV.1.6** Neraca Massa *Catalytic Cracking Reactor*

Komponen	Masuk		Keluar	
	<31>		<32>	
	Fraksi	Massa	Fraksi	Massa
n-Dodecyl-BZ	0,0018	3,6095	0,0018	3,6095
Chrysene	0,0001	0,1760	0,0001	0,1760
H <sub>2</sub> S	0,0004	0,7498	0,0004	0,7498
Hydrogen	0,0000	0,0427	0,0000	0,0427
n-C18	0,0028	5,5988	0,0028	5,5988

1OctadCThiol	0,0000	0,0444	0,0000	0,0444
H <sub>2</sub> O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]151*	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]165*	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]179*	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]193*	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]208*	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]222*	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]236*	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]250*	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]264*	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]279*	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]293*	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]307*	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]321*	0,0000	0,0006	0,0000	0,0001
NBP[0]335*	0,0012	2,3986	0,0003	0,5805
NBP[0]349*	0,0225	44,6302	0,0055	10,8005
NBP[0]363*	0,0264	52,2961	0,0064	12,6557
NBP[0]378*	0,0335	66,4486	0,0081	16,0806
NBP[0]392*	0,0491	97,2948	0,0119	23,5453
NBP[0]407*	0,0639	126,5191	0,0155	30,6176
NBP[0]421*	0,1439	284,9361	0,0348	68,9545
NBP[0]441*	0,3069	607,7991	0,0743	147,0874
NBP[0]466*	0,1495	296,1997	0,0362	71,6803
NBP[0]493*	0,0871	172,5070	0,0211	41,7467
NBP[0]522*	0,0512	101,3899	0,0124	24,5363
NBP[0]550*	0,0527	104,3710	0,0128	25,2578

NBP[0]579*	0,0069	13,6302	0,0069	13,6302
Ethylene	0,0000	0,0000	0,4574	905,9941
Propene	0,0000	0,0000	0,2401	475,5001
1-Butene	0,0000	0,0000	0,0454	90,0124
13-Butadiene	0,0000	0,0000	0,0059	11,7407
<b>TOTAL</b>	<b>1,0000</b>	<b>1980,642</b>	<b>1,0000</b>	<b>1980,642</b>
	<b>1980,642</b>		<b>1980,642</b>	

#### IV.1.7 Ethylene Distillation Column (D-220)



Gambar IV.1.7 Aliran Massa Ethylene Distillation Column

Fungsi: memisahkan *ethylene* yang sudah terbentuk

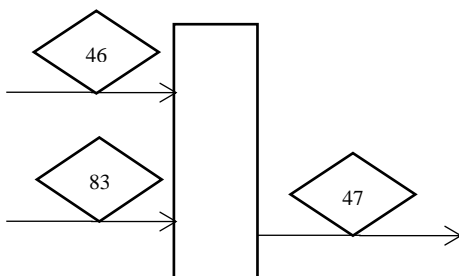
Tabel IV.1.7 Neraca Massa Ethylene Distillation Column

Komponen	Masuk		Keluar			
	<40>		<44>		<78>	
	Fraksi	Massa	Fraksi	Massa	Fraksi	Massa
n-Dodecyl-BZ	0,0018	3,610	0,0000	0,0000	0,0033	3,6095
Chrysene	0,0001	0,176	0,0000	0,0000	0,0002	0,1760
H <sub>2</sub> S	0,0004	0,750	0,0001	0,0504	0,0006	0,6995

Hydrogen	0,0000	0,043	0,0000	0,0427	0,0000	0,0000
n-C18	0,0028	5,599	0,0000	0,0000	0,0051	5,5988
1OctadecThiol	0,0000	0,044	0,0000	0,0000	0,0000	0,0444
H <sub>2</sub> O	0,0000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]151*	0,0000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]165*	0,0000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]179*	0,0000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]193*	0,0000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]208*	0,0000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]222*	0,0000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]236*	0,0000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]250*	0,0000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]264*	0,0000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]279*	0,0000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]293*	0,0000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]307*	0,0000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NBP[0]321*	0,0000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
NBP[0]335*	0,0003	0,580	0,0000	0,0000	0,0005	0,5805
NBP[0]349*	0,0055	10,801	0,0000	0,0000	0,0099	10,8005
NBP[0]363*	0,0064	12,656	0,0000	0,0000	0,0116	12,6557
NBP[0]378*	0,0081	16,081	0,0000	0,0000	0,0148	16,0806
NBP[0]392*	0,0119	23,545	0,0000	0,0000	0,0216	23,5453
NBP[0]407*	0,0155	30,618	0,0000	0,0000	0,0281	30,6176
NBP[0]421*	0,0348	68,955	0,0000	0,0000	0,0634	68,9545
NBP[0]441*	0,0743	147,087	0,0000	0,0000	0,1352	147,087
NBP[0]466*	0,0362	71,680	0,0000	0,0000	0,0659	71,6803
NBP[0]493*	0,0211	41,747	0,0000	0,0000	0,0384	41,7467

NBP[0]522*	0,0124	24,536	0,0000	0,0000	0,0226	24,5363
NBP[0]550*	0,0128	25,258	0,0000	0,0000	0,0232	25,2578
NBP[0]579*	0,0069	13,630	0,0000	0,0000	0,0125	13,6302
Ethylene	0,4574	905,994	0,9946	887,874	0,0167	18,1199
Propene	0,2401	475,500	0,0053	4,75500	0,4327	470,745
1-Butene	0,0454	90,012	0,0000	0,00071	0,0827	90,0117
13-Butadiene	0,0059	11,741	0,0000	8,1E-05	0,0108	11,7407
<b>TOTAL</b>	<b>1,00</b>	<b>1980,64</b>	<b>1,00</b>	<b>892,72</b>	<b>1,00</b>	<b>1087,92</b>
	<b>1980,64</b>		<b>1980,64</b>			

#### IV.1.8 Ethylene Hydration Reactor (R-310)



**Gambar IV.1.8** Aliran Massa *Ethylene Hydration Reactor*

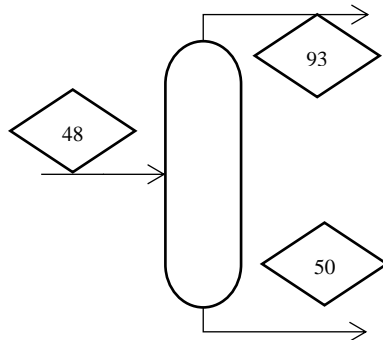
Fungsi: membentuk oktanol dari *ethylene* dengan menggunakan katalis

**Tabel IV.1.8** Neraca Massa *Ethylene Hydration Reactor*

Komponen	Masuk				Keluar	
	<46>		<83>		<47>	
	Fraksi	Massa	Fraksi	Massa	Fraksi	Massa
n-Dodecyl-BZ	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Chrysene	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
H <sub>2</sub> S	0,0000	0,0504	0,0000	0,0000	0,0000	0,0504

Hydrogen	0,0000	0,0427	0,0000	0,0000	0,0000	0,0427
n-C18	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1OctadacThiol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
H <sub>2</sub> O	0,1202	176,548	0,0000	0,0000	0,0022	3,5996
Ethylene	0,6045	887,87	0,0000	0,0000	0,0491	79,9087
Propene	0,0032	4,76	0,0000	0,0000	0,0029	4,7550
1-Butene	0,0000	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0007
13-Butadiene	0,0000	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
Triethylaluminium	0,2720	399,58	0,0000	0,0000	0,0210	34,2427
Oksigen	0,0000	0,00	1,0000	160,00	0,0039	6,3967
Aluminium Hydroxide	0,0000	0,00	0,0000	0,0000	0,1532	249,616
Octanol	0,0000	0,00	0,0000	0,0000	0,7676	1250,23
<b>TOTAL</b>	<b>1,0000</b>	<b>1468,85</b>	<b>1,000</b>	<b>160,00</b>	<b>1,0000</b>	<b>1628,85</b>
	<b>1628,85</b>				<b>1628,85</b>	

#### IV.1.9 Octanol-Water Flash Separator (H-320)



**Gambar IV.1.9** Aliran Massa Octanol-Water Flash Separator

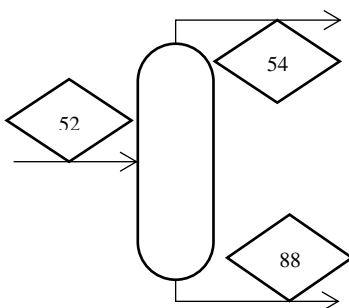
Fungsi: memisahkan air dari oktanol yang terbentuk



**Tabel IV.1.9** Neraca Massa *Octanol-Water Flash Separator*

Komponen	Masuk		Keluar			
	<48>		<93>		<50>	
	Fraksi	Massa	Fraksi	Massa	Fraksi	Massa
n-Dodecyl-BZ	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Chrysene	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
H2S	0,000	0,050	0,000	0,047	0,000	0,003
Hydrogen	0,000	0,043	0,000	0,043	0,000	0,000
n-C18	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1OctadThiol	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
H2O	0,002	3,600	0,002	2,050	0,001	1,550
Ethylene	0,049	79,909	0,087	77,984	0,002	1,924
Propene	0,003	4,755	0,005	4,406	0,000	0,349
1-Butene	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000
13-Butadiene	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Triethylaluminium	0,021	34,243	0,001	0,731	0,031	33,511
Oksigen	0,004	6,397	0,007	6,361	0,000	0,035
Aluminium Hydroxide	0,153	249,616	0,000	0,000	0,229	249,616
Octanol	0,768	1250,23	0,016	14,530	1,136	1235,70
<b>TOTAL</b>	<b>1,000</b>	<b>1628,85</b>	<b>0,119</b>	<b>106,15</b>	<b>1,400</b>	<b>1522,69</b>
	<b>1628,846</b>		<b>1628,846</b>			

#### IV.1.10 Octanol-Al(OH)<sub>3</sub> Flash Separator (H-330)



**Gambar IV.1.10** Aliran Massa Octanol-Al(OH)<sub>3</sub> Flash Separator

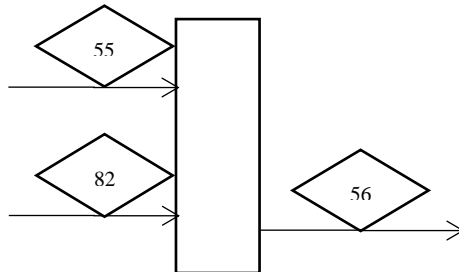
Fungsi: memisahkan Al(OH)<sub>3</sub> dari oktanol yang terbentuk

**Tabel IV.1.10** Neraca Massa Octanol-Al(OH)<sub>3</sub> Flash Separator

Komponen	Masuk		Keluar			
	<52>		<54>		<88>	
	Fraksi	Massa	Fraksi	Massa	Fraksi	Massa
n-Dodecyl-BZ	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Chrysene	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
H <sub>2</sub> S	0,000	0,003	0,000	0,003	0,000	0,000
Hydrogen	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
n-C18	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1OctadThiol	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
H <sub>2</sub> O	0,001	1,550	0,001	1,539	0,000	0,011
Ethylene	0,001	1,924	0,002	1,923	0,000	0,001
Propene	0,000	0,349	0,000	0,349	0,000	0,000
1-Butene	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
13-Butadiene	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Triethylaluminium	0,022	33,511	0,026	31,675	0,007	1,837
Oksigen	0,000	0,035	0,000	0,035	0,000	0,000
Aluminium Hydroxide	0,164	249,616	0,000	0,007	0,889	249,610
Octanol	0,812	1235,70	0,971	1206,43	0,104	29,268
<b>TOTAL</b>	<b>1,000</b>	<b>1522,69</b>	<b>1,000</b>	<b>1241,96</b>	<b>1,000</b>	<b>280,727</b>
	<b>1522,693</b>		<b>1522,693</b>			

#### IV.1.11 Octanoic Acid Reactor (R-410)



**Gambar IV.1.11** Aliran Massa Octanoic Acid Reactor

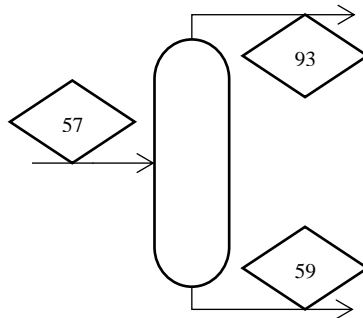
Fungsi: mengoksidasi oktanol menjadi *octanoic acid*

**Tabel IV.1.11** Neraca Massa Octanoic Acid Reactor

Komponen	Masuk				Keluar	
	<55>		<82>		<56>	
	Fraksi	Massa	Fraksi	Massa	Fraksi	Massa
n-Dodecyl-BZ	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Chrysene	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
H <sub>2</sub> S	0,0000	0,0033	0,0000	0,0000	0,0000	0,0033
Hydrogen	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
n-C18	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

1OctadThiol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
H <sub>2</sub> O	0,0012	1,5387	0,0000	0,0000	0,1067	163,255
Ethylene	0,0015	1,9235	0,0000	0,0000	0,0013	1,9235
Propene	0,0003	0,3490	0,0000	0,0000	0,0002	0,3490
1-Butene	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
13-Butadiene	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Triethylaluminium	0,0255	31,675	0,0000	0,0000	0,0207	31,6746
Oksigen	0,0000	0,0000	1,0000	288,024	0,0042	6,4129
Aluminium Hydroxide	0,0000	0,0067	0,0000	0,0000	0,0000	0,0067
Octanol	0,9714	1206,44	0,0000	0,0000	0,0244	37,3995
Octanoic Acid	0,0000	0,0000	0,0035	1,0000	0,8130	1243,8
Octyl Acetate	0,0000	0,0000	0,0069	2,0000	0,0295	45,1350
<b>TOTAL</b>	<b>1,0000</b>	<b>1241,93</b>	<b>1,01</b>	<b>288,02</b>	<b>1,00</b>	<b>1529,96</b>
	<b>1529,96</b>				<b>1529,96</b>	

#### IV.1.12 Octanoic Acid-Water Flash Separator (H-420)



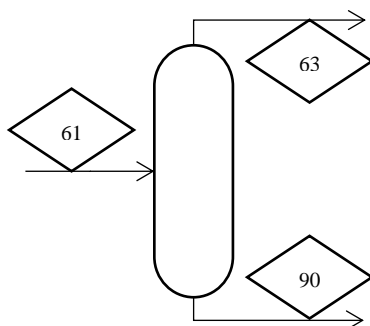
**Gambar IV.1.12** Aliran Massa *Octanoic Acid-Water Flash Separator*

Fungsi: memisahkan air dari *octanoic acid* yang terbentuk

**Tabel IV.1.12 Neraca Massa *Octanoic Acid-Water Flash Separator***

Komponen	Masuk		Keluar			
	<57>		<93>		<59>	
	Fraksi	Massa	Fraksi	Massa	Fraksi	Massa
n-Dodecyl-BZ	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Chrysene	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
H <sub>2</sub> S	0,000	0,0033	0,0000	0,0032	0,0000	0,0001
Hydrogen	0,000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000
n-C18	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1OctadThiol	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
H <sub>2</sub> O	0,107	163,25	0,8225	143,79	0,0144	19,4703
Ethylene	0,001	1,9235	0,0109	1,9098	0,0000	0,0137
Propene	0,000	0,3490	0,0020	0,3418	0,0000	0,0071
1-Butene	0,000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000
13-Butadiene	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Triethylaluminium	0,021	31,675	0,0304	5,3153	0,0195	26,3592
Oksigen	0,004	6,4129	0,0366	6,4012	0,0000	0,0118
Aluminium Hydroxide	0,000	0,0067	0,0000	0,0000	0,0000	0,0067
Octanol	0,024	37,399	0,0165	2,8805	0,0255	34,5190
Octanoic Acid	0,813	1243,8	0,0799	13,966	0,9075	1229,83
Octyl Acetate	0,030	45,135	0,0012	0,2175	0,0331	44,9175
<b>TOTAL</b>	<b>1,000</b>	<b>1529,96</b>	<b>1,000</b>	<b>174,82</b>	<b>1,000</b>	<b>1355,14</b>
	<b>1529,96</b>		<b>1529,96</b>			

### IV.1.13 Octanoic Acid-Octyl Octanoate Flash Separator (H-430)



**Gambar IV.1.13** Aliran Massa *Octanoic Acid-Octyl Octanoate Flash Separator*

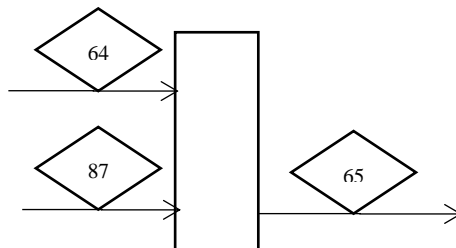
Fungsi: memisahkan *octyl octanoate* dari *octanoic acid* yang terbentuk

**Tabel IV.1.13** Neraca Massa *Octanoic Acid-Octyl Octanoate Flash Separator*

Komponen	Masuk		Keluar			
	<61>		<63>		<90>	
	Fraksi	Massa	Fraksi	Massa	Fraksi	Massa
n-Dodecyl-BZ	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Chrysene	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
H <sub>2</sub> S	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000
Hydrogen	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
n-C18	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1OctadThiol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
H <sub>2</sub> O	0,0144	19,4703	0,0150	19,455	0,0003	0,0156
Ethylene	0,0000	0,0137	0,0000	0,0137	0,0000	0,0000
Propene	0,0000	0,0071	0,0000	0,0071	0,0000	0,0000

1-Butene	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
13-Butadiene	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Triethylaluminium	0,0195	26,3592	0,0202	26,241	0,0021	0,1179
Oksigen	0,0000	0,0118	0,0000	0,0118	0,0000	0,0000
Aluminium Hydroxide	0,0000	0,0067	0,0000	0,0000	0,0001	0,0067
Octanol	0,0255	34,5190	0,0265	34,421	0,0017	0,0977
Octanoic Acid	0,9075	1229,83	0,9381	1218,4	0,2032	11,4696
Octyl Acetate	0,0331	44,9175	0,0001	0,1748	0,7926	44,7428
<b>TOTAL</b>	<b>1,000</b>	<b>1355,1</b>	<b>1,000</b>	<b>1298,7</b>	<b>1,000</b>	<b>56,450</b>
	<b>1355,1</b>		<b>1355,1</b>			

#### IV.1.14 Polyolester Reactor (R-520)



**Gambar IV.1.14** Aliran Massa *Polyolester Reactor*

Fungsi: membentuk poliolester dari octanoic acid dan trimetilolpropane

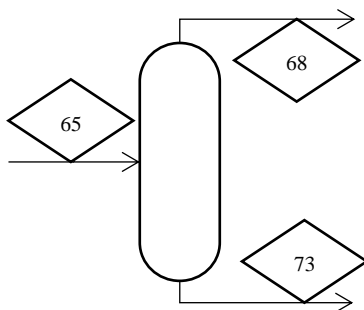
**Tabel IV.1.14** Neraca Massa *Polyolester Reactor*

Komponen	Masuk				Keluar	
	<64>		<87>		<65>	
	Fraksi	Massa	Fraksi	Massa	Fraksi	Massa
n-Dodecyl-BZ	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Chrysene	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
H <sub>2</sub> S	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
Hydrogen	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
n-C18	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1OctadThiol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
H <sub>2</sub> O	0,0150	19,4547	0,0000	0,0000	0,1007	164,042
Ethylene	0,0000	0,0137	0,0000	0,0000	0,0000	0,0137
Propene	0,0000	0,0071	0,0000	0,0000	0,0000	0,0071
1-Butene	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
13-Butadiene	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Triethylaluminium	0,0202	26,2413	0,0000	0,0000	0,0161	26,2413
Oksigen	0,0000	0,0118	0,0000	0,0000	0,0000	0,0118
Aluminium Hydroxide	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Octanol	0,0265	34,4213	0,0000	0,0000	0,0211	34,4213
Octanoic Acid	0,9381	1218,36	0,0000	0,0000	0,0374	60,9181
<i>Octyl Acetate</i>	0,0001	0,1748	0,0000	0,0000	0,0001	0,1748
TMP	0,0000	0,000	1,0000	362,27	0,0020	3,3149
<i>Polyolester</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,8422	1371,82
<b>TOTAL</b>	<b>1,0000</b>	<b>1298,69</b>	<b>1,000</b>	<b>362,27</b>	<b>1,0000</b>	<b>1660,96</b>
	<b>1660,96</b>				<b>1660,96</b>	



### IV.1.15 Polyolester Distillation Column (D-530)



**Gambar IV.1.15** Aliran Massa Polyolester Distillation Column

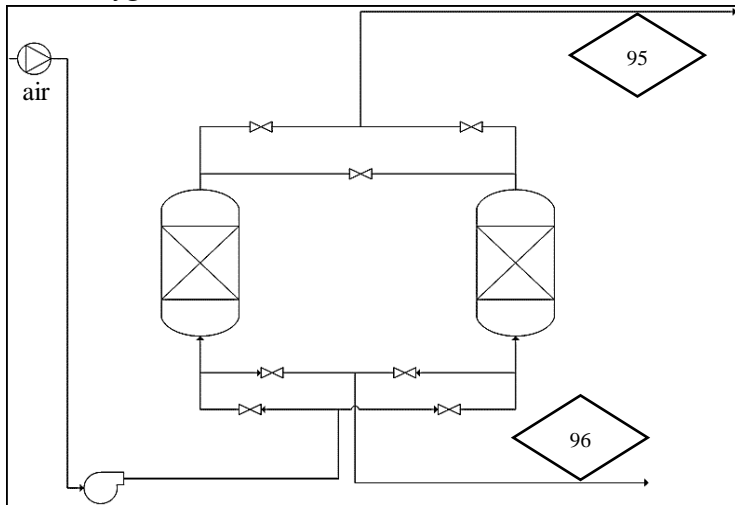
Fungsi: memisahkan polyolester dari produk samping esterifikasi

**Tabel IV.1.15** Neraca Massa Polyolester Distillation Column

Komponen	Masuk		Keluar			
	<64>		<87>		<65>	
	Fraksi	Massa	Fraksi	Massa	Fraksi	Massa
n-Dodecyl-BZ	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Chrysene	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
H <sub>2</sub> S	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
Hydrogen	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
n-C18	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1OctadThiol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
H <sub>2</sub> O	0,0988	164,04	0,0000	160,76	0,0024	3,2808
Ethylene	0,0000	0,0137	0,0000	0,0136	0,0000	0,0001
Propene	0,0000	0,0071	0,0000	0,0071	0,0000	0,0001
1-Butene	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
13-Butadiene	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Triethylaluminium	0,0158	26,241	0,0000	23,981	0,0016	2,2604

Oksigen	0,0000	0,0118	0,0000	0,0117	0,0000	0,0001
Aluminium Hydroxide	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Octanol	0,0207	34,421	0,0000	27,418	0,0050	7,0033
Octanoic Acid	0,0367	60,918	0,0000	38,787	0,0159	22,1306
<i>Octyl Acetate</i>	0,0001	0,1748	0,0000	0,0468	0,0001	0,1280
TMP	0,0020	3,3149	0,0000	1,6124	0,0012	1,7024
<i>Polyolester</i>	0,8259	1371,82	0,0000	13,718	0,9738	1358,10
<b>TOTAL</b>	<b>1,0000</b>	<b>1660,96</b>	<b>1,0000</b>	<b>266,36</b>	<b>1,0000</b>	<b>1394,60</b>
		<b>1660,96</b>		<b>1660,96</b>		

#### IV.1.16 Oxygen Plant



**Gambar IV.1.16** Aliran Massa *Oxygen Plant*

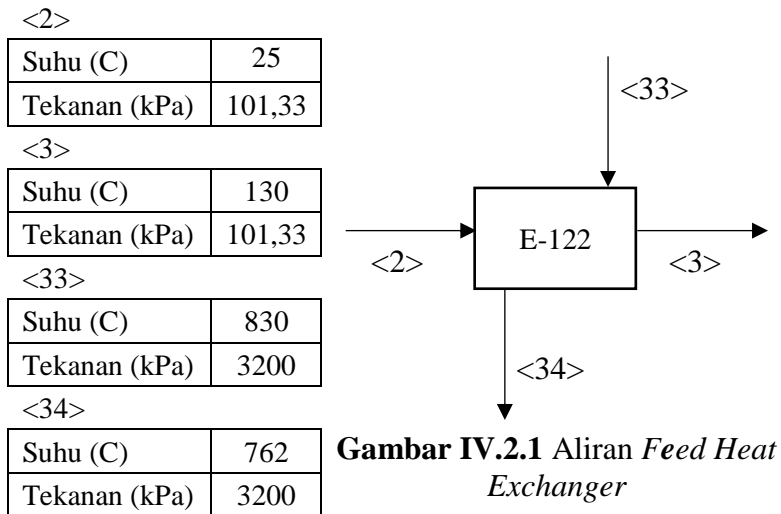
Fungsi: memproduksi oksigen untuk kebutuhan proses

**Tabel IV.1.16** Neraca Massa *Oxygen Plant*

Komponen	Masuk		Keluar			
	Air		<95>		<96>	
	Fraksi	Massa	Fraksi	Massa	Fraksi	Massa
Nitrogen	0,79	2291,00	0,060	31,280	0,95	2278,79
Oksigen	0,21	609,00	0,940	490,07	0,05	118,935
<b>TOTAL</b>	<b>1,000</b>	<b>2900</b>	<b>1,000</b>	<b>521,30</b>	<b>1,000</b>	<b>2378,70</b>
	<b>2900</b>		<b>2900</b>			

## IV.2 Neraca Energi

### IV.2.1 Feed Heat Exchanger (E-122)

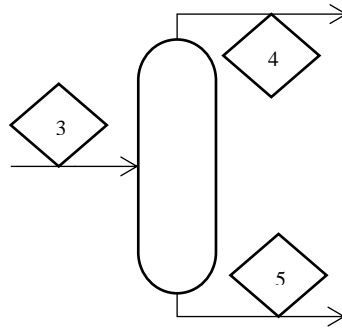


**Tabel IV.2.1** Neraca Energi Feed Heat Exchanger

$\Delta H$ Masuk (kJ/jam)		$\Delta H$ Keluar (kJ/jam)	
<2>	592763,1058	<3>	1074382
<34>	5009435,447	<35>	4527816
<b>Total</b>	<b>5602198,553</b>	<b>Total</b>	<b>5602199</b>

### IV.2.2 Pre-Flash Distillation Column (H-120)

<3>	
Suhu (C)	130
Tekanan (kPa)	101,33
<4>	
Suhu (C)	130
Tekanan (kPa)	101,33
<5>	
Suhu (C)	130
Tekanan (kPa)	3200



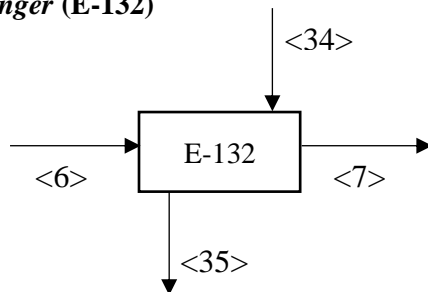
**Gambar IV.2.2** Aliran Pre-Flash Distillation Column

**Tabel IV.2.2** Neraca Energi Pre-Flash Distillation Column

$\Delta H$ Masuk (kJ/jam)		$\Delta H$ Keluar (kJ/jam)	
<3>	1074181	<4>	2508
		<5>	1071673
<b>Total</b>	<b>1074181</b>	<b>Total</b>	<b>1074181</b>

### IV.2.3 Gas oil Heat Exchanger (E-132)

<6>	
Suhu (C)	130
Tekanan (kPa)	101,33
<7>	
Suhu (C)	190
Tekanan (kPa)	101,33
<34>	
Suhu (C)	792
Tekanan (kPa)	3200
<35>	



**Gambar IV.2.3** Aliran Gas oil Heat Exchanger

Suhu (C)	711,5
Tekanan (kPa)	3200

**Tabel IV.2.3** Neraca Energi *Gas oil Heat Exchanger*

$\Delta H$ Masuk (kJ/jam)		$\Delta H$ Keluar (kJ/jam)	
<6>	1071932,152	<7>	1401378
<34>	4508075,918	<35>	4178630
<b>Total</b>	<b>5580008,07</b>	<b>Total</b>	<b>5580008</b>

#### IV.2.4 *Gasoil Removal Column (D-130)*

<7>

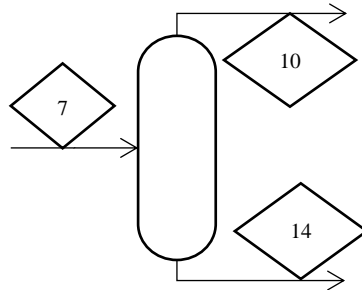
Suhu (C)	190
Tekanan (kPa)	101,3

<10>

Suhu (C)	163
Tekanan (kPa)	2

<14>

Suhu (C)	792
Tekanan (kPa)	3

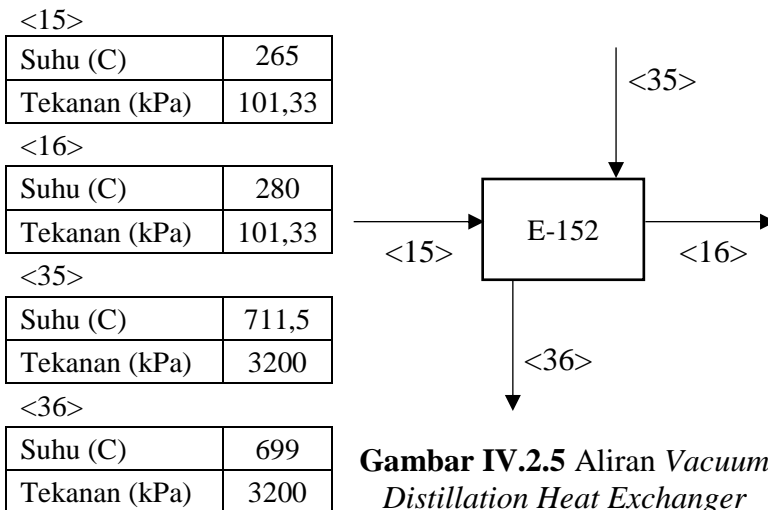


**Gambar IV.2.4** Aliran *Gasoil Removal Column*

**Tabel IV.2.4** Neraca Energi *Gasoil Removal Column*

<b>Q Masuk (kJ)</b>		<b>Q Keluar (kJ)</b>	
<7>	1389730,107	<10>	144455
Qr	527675,7568	<14>	1647286
		Qloss	69486,5
		Qc	56178,5
<b>Total</b>	<b>1917405,864</b>	<b>Total</b>	<b>1917406</b>

#### IV.2.5 Vacuum Distillation Heat Exchanger (E-152)



**Tabel IV.2.5** Neraca Energi Vacuum Distillation Heat Exchanger

$\Delta H$ Masuk (kJ/jam)		$\Delta H$ Keluar (kJ/jam)	
<15>	1646882,169	<16>	1734449
<35>	4178630,328	<36>	4091064
<b>Total</b>	<b>5825512,5</b>	<b>Total</b>	<b>5825512</b>

#### IV.2.6 Vacuum Distillation Column (D-150)

<16>

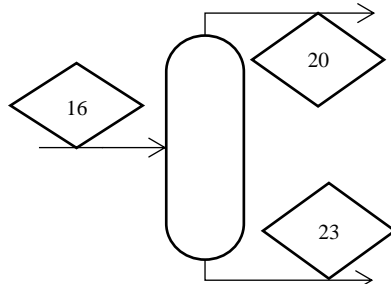
Suhu (C)	280
Tekanan (kPa)	2

<20>

Suhu (C)	242
Tekanan (kPa)	1

<23>

Suhu (C)	329
Tekanan (kPa)	2



**Gambar IV.2.6** Aliran Vacuum Distillation Column

**Tabel IV.2.6** Neraca Energi Vacuum Distillation Column

Q Masuk (kJ)		Q Keluar (kJ)	
<16>	1734178,861	<20>	1310886
Qr	782177,0767	<23>	276888
		Qloss	86708,9
		Qc	841873
<b>Total</b>	<b>2516355,937</b>	<b>Total</b>	<b>2516356</b>

#### IV.2.7 Hydrodesulphurization Heat Exchanger (E-172)

<24>

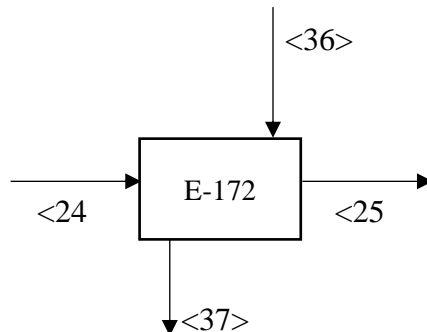
Suhu (C)	243,5
Tekanan (kPa)	5000

<25>

Suhu (C)	315
Tekanan (kPa)	5000

<36>

Suhu (C)	711,5
Tekanan (kPa)	3200



**Gambar IV.2.7** Aliran Hydrodesulphurization Heat Exchanger

<37>

Suhu (C)	699
Tekanan (kPa)	3200

**Tabel IV.2.7** Neraca Energi *Hydrodesulphurization Heat Exchanger*

$\Delta H$ Masuk (kJ/jam)		$\Delta H$ Keluar (kJ/jam)	
<24>	1316678,259	<25>	1679898
<35>	4093474,602	<36>	3730255
<b>Total</b>	<b>5410152,861</b>	<b>Total</b>	<b>5410153</b>

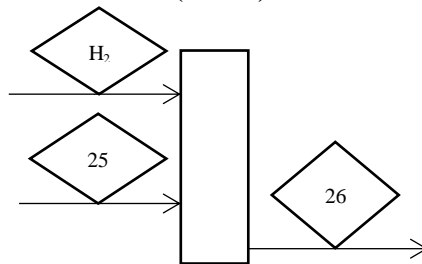
#### IV.2.8 *Hydrodesulphurization Reactor (R-170)*

<25>

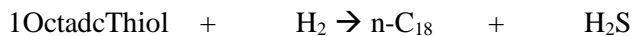
Suhu (C)	315
Tekanan (kPa)	5000

<26>

Suhu (C)	325
Tekanan (kPa)	5000



**Gambar IV.2.8** Aliran *Hydrodesulphurization Reactor*



Konversi OctadCThiol menjadi n-C<sub>18</sub> = 0,993

$$\Delta H = \Delta H_R + \Delta H_{(298)} + \Delta H_P$$

$$\Delta H = (\Delta H_{25} + \Delta H_{\text{H}_2}) + \Delta H_{(298)} + \Delta H_{26}$$

$$\Delta H = 3,39 \times 10^7 = Q$$

#### IV.2.9 *Hydrodearomatization Heat Exchanger (E-182)*

<27>

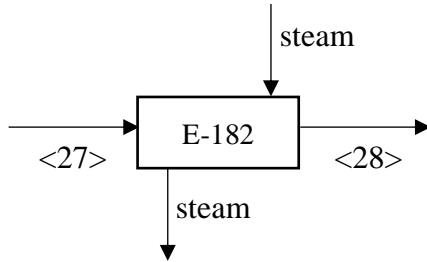
Suhu (C)	325
----------	-----



Tekanan (kPa)	5000
---------------	------

<28>

Suhu (C)	340
Tekanan (kPa)	5000



**Gambar IV.2.9** Aliran *Hydrodearomatization Heat Exchanger*

$$Q = \Delta H$$

$$Q = H_{28} - H_{27}$$

$$Q = 81577,2229 \text{ kJ/jam}$$

Karena *steam* yang digunakan memiliki tekanan 150 kPa dan temperatur 350 °C, diperoleh:

$$\lambda = 895,9 \text{ kJ/kg steam}$$

$$\text{Kebutuhan steam} = 91,05617024 \text{ kg steam/jam}$$

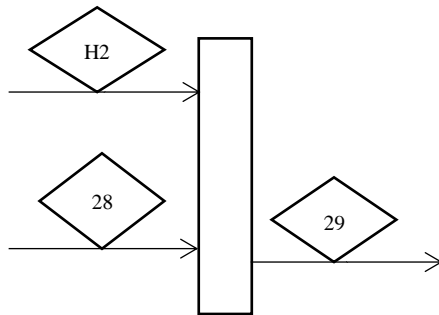
#### IV.2.10 *Hydrodearomatization Reactor (R-180)*

<28>

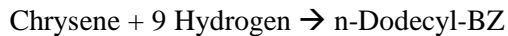
Suhu (C)	340
Tekanan (kPa)	5000

<29>

Suhu (C)	361,4
Tekanan (kPa)	5000



**Gambar IV.2.10** Aliran *Hydrodearomatization Reactor*



$\Delta H$  untuk reaksi di atas diperoleh dari  $\Delta H$  pembentukan ( $\Delta H_f$ ) dari masing-masing senyawa:

$\Delta H_f$  n-Dodecyl-Bz      -178500 kJ/kmol

$\Delta H_f$  Hydrogen            0 kJ/kmol

$\Delta H_f$  Chrysene            262800 kJ/kmol

Maka:

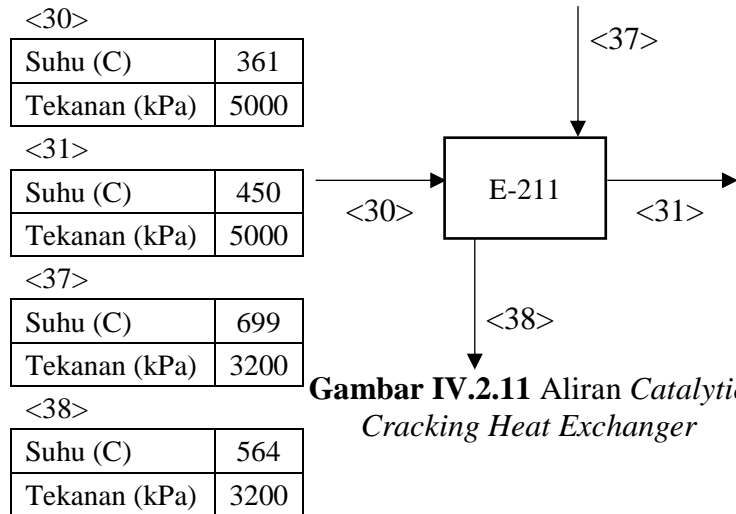
$\Delta H$  reaksi tiap mol n-Dodecyl-Bz                      = -441300 kJ/kmol

n-Dodecyl-BZ yang terbentuk x  $\Delta H$  reaksi = -6464,10kJ/jam

$\Delta H = \Delta H_{28} + \Delta H_{(298)} + \Delta H_{29}$

$\Delta H = 77539,48 = Q$

#### IV.2.11 Catalytic Cracking Heat Exchanger (E-211)



**Gambar IV.2.11** Aliran *Catalytic Cracking Heat Exchanger*

**Tabel IV.2.8** Neraca Energi *Catalytic Cracking Heat Exchanger*

$\Delta H$ Masuk (kJ/jam)		$\Delta H$ Keluar (kJ/jam)	
<30>	1933208,45	<31>	2456462
<37>	3730783,779	<38>	3207531
<b>Total</b>	<b>5663992,229</b>	<b>Total</b>	<b>5663992</b>

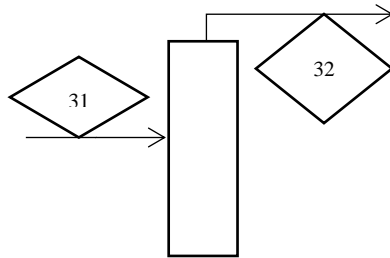
#### IV.2.12 Catalytic Cracking Reactor (R-210)

<31>

Suhu (C)	450
Tekanan (kPa)	101,3

<32>

Suhu (C)	600
Tekanan (kPa)	101,3



**Gambar IV.2.12** Aliran *Catalytic Cracking Reactor*

Hidrokarbon → ethylene  
 Hidrokarbon → propene  
 Hidrokarbon → butane  
 Hidrokarbon → 1,3- butadiene

$$\Delta H = \Delta H_{31} + \Delta H_{(298)} + \Delta H_{32}$$

$$\Delta H = 2770171,25 \text{ kJ/jam} = Q$$

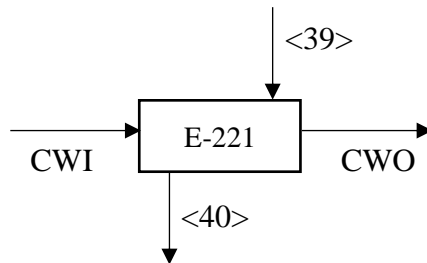
#### IV.2.13 Ethylene Distillation Heat Exchanger (E-221)

<39>

Suhu (C)	295
Tekanan (kPa)	3200

<40>

Suhu (C)	40
Tekanan (kPa)	3200



**Gambar IV.2.13** Aliran *Ethylene Distillation Heat Exchanger*

$$Q = \Delta H = H_{40} - H_{39}$$

$$Q = -1033321,51 \text{ kJ/h}$$

Kebutuhan air = 37317,26494 kg/jam  
 = 37,31726494 m<sup>3</sup>/jam

#### IV.2.14 Ethylene Distillation Column (D-220)

<41>

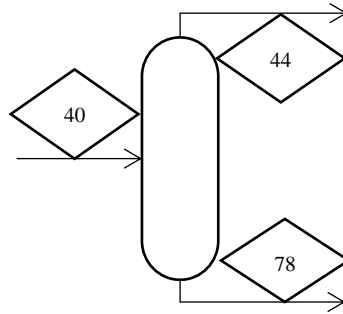
Suhu (C)	20
Tekanan (kPa)	3200

<44>

Suhu (C)	23
Tekanan (kPa)	3100

<78>

Suhu (C)	87
Tekanan (kPa)	3100



**Gambar IV.2.14** Aliran Ethylene Distillation Column

**Tabel IV.2.9** Neraca Energi Ethylene Distillation Column

Q Masuk (kJ)		Q Keluar (kJ)	
<40>	502386,0785	<44>	278240
Qr	205177,6362	<89>	120328
		Qloss	25119,3
		Qc	283877
<b>Total</b>	<b>707563,7146</b>	<b>Total</b>	<b>707564</b>

#### IV.2.15 Octanol Reactor Heat Exchanger (E-312)

<45>

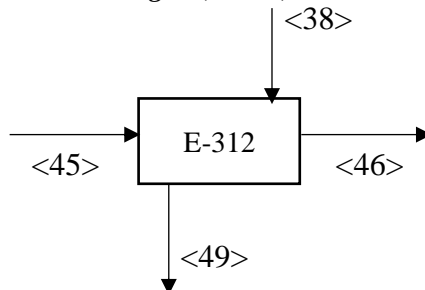
Suhu (C)	43
Tekanan (kPa)	4000

<46>

Suhu (C)	80
Tekanan (kPa)	4000

<38>

Suhu (C)	564
----------	-----



**Gambar IV.2.15** Aliran Octanol Reactor Heat Exchanger

Tekanan (kPa)	3200
---------------	------

<49>

Suhu (C)	551
Tekanan (kPa)	3200

**Tabel IV.2.10** Neraca Energi *Octanol Reactor Heat Exchanger*

$\Delta H$ Masuk (kJ/jam)		$\Delta H$ Keluar (kJ/jam)	
<45>	366759,1351	<46>	446746
<38>	3206667,705	<39>	3126681
<b>Total</b>	<b>3573426,84</b>	<b>Total</b>	<b>3573427</b>

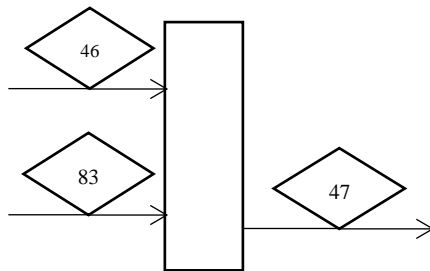
#### IV.2.16 Ethylene Hydration Reactor (R-310)

<46>

Suhu (C)	95
Tekanan (kPa)	4000

<47>

Suhu (C)	100
Tekanan (kPa)	4000



**Gambar IV.2.16** Aliran *Ethylene Hydration Reactor*

$$\Delta H = \Delta H_{46} + \Delta H_{(298)} + \Delta H_{47} = Q$$

$$\Delta H = -1,44E+06 \text{ kJ/jam}$$

$$\text{Kebutuhan air} = 52056,99 \text{ kg/jam}$$

$$= 52,06 \text{ m}^3/\text{jam}$$

#### IV.2.17 Octanol Flash Separator (H-320)

<48>

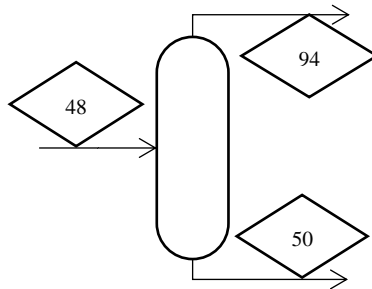
Suhu (C)	100
Tekanan (kPa)	101,3

<94>

Suhu (C)	100
Tekanan (kPa)	101,3

<50>

Suhu (C)	100
Tekanan (kPa)	101,3



**Gambar IV.2.17** Aliran Octanol Flash Separator

**Tabel IV.2.11** Neraca Energi Octanol Flash Separator

$\Delta H$ Masuk (kJ/jam)		$\Delta H$ Keluar (kJ/jam)	
<48>	944800,6889	<94>	55346,1
		<50>	889455
<b>Total</b>	<b>944801</b>	<b>Total</b>	<b>944801</b>

### IV.2.18 H-330 Heat Exchanger (E-332)

<51>

Suhu (C)	100
Tekanan (kPa)	101,3

<52>

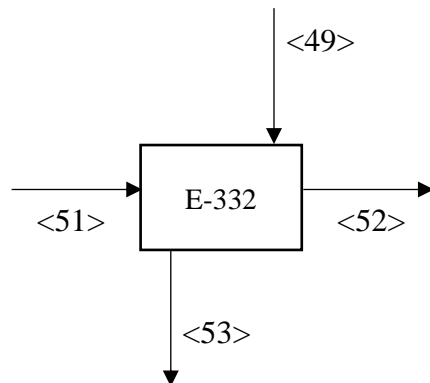
Suhu (C)	250
Tekanan (kPa)	101,3

<49>

Suhu (C)	551
Tekanan (kPa)	3200

<53>

Suhu (C)	425
----------	-----



**Gambar IV.2.18** Aliran H-330 Heat Exchanger

Tekanan (kPa)	3200
---------------	------

**Tabel IV.2.12** Neraca Energi *H-330 Heat Exchanger*

$\Delta H$ Masuk (kJ/jam)		$\Delta H$ Keluar (kJ/jam)	
<51>	889690,8082	<52>	1634648
<49>	3118522,983	<53>	2373566
<b>Total</b>	<b>4008213,792</b>	<b>Total</b>	<b>4008214</b>

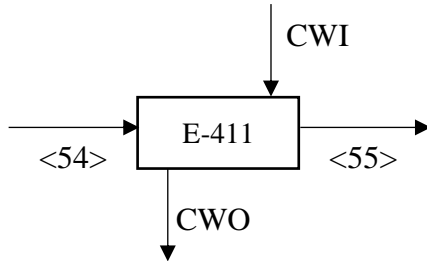
**IV.2.19 Octanoic Acid Heat Exchanger (E-411)**

<54>

Suhu (C)	250
Tekanan (kPa)	101,3

<55>

Suhu (C)	100
Tekanan (kPa)	101,3



**Gambar IV.2.19** Aliran *Octanoic Acid Heat Exchanger*

$$Q = \Delta H = H_{55} - H_{54}$$

$$Q = -744951,5866 \text{ kJ/jam}$$

Kebutuhan air = 26903,10363 kg/jam  
= 26,90310363 m<sup>3</sup>/jam

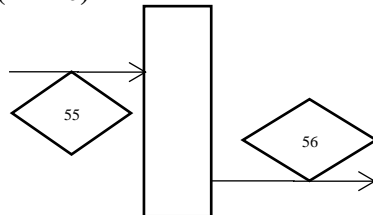
**IV.2.20 Octanoic Acid Reactor (R-410)**

<55>

Suhu (C)	100
Tekanan (kPa)	101,3

<56>

Suhu (C)	100
Tekanan (kPa)	4000



**Gambar IV.2.20** Aliran *Octanoic Acid Reactor*

$$\Delta H = \Delta H_{55} + \Delta H_{(298)} + \Delta H_{56} = Q$$

$$\Delta H = -2,52 \times 10^6$$

$$\text{Kebutuhan air} = 90906,59391 \text{ kg/jam}$$

$$= 90,90659391 \text{ m}^3/\text{jam}$$

#### IV.2.21 H-420 Heat Exchanger (E-421)

<56>

Suhu (C)	100
Tekanan (kPa)	101,3

<57>

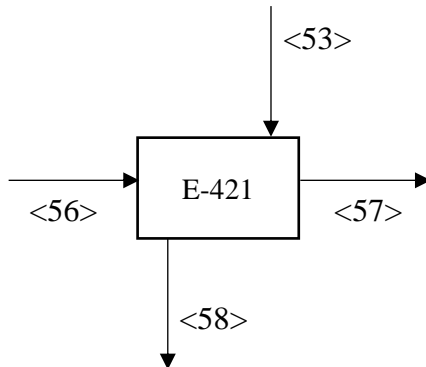
Suhu (C)	120
Tekanan (kPa)	101,3

<53>

Suhu (C)	425
Tekanan (kPa)	3200

<58>

Suhu (C)	408
Tekanan (kPa)	3200



**Gambar IV.2.21** Aliran H-420 Heat Exchanger

**Tabel IV.2.13** Neraca Energi H-420 Heat Exchanger

$\Delta H$ Masuk (kJ/jam)		$\Delta H$ Keluar (kJ/jam)	
<56>	972764,3358	<57>	1061691
<53>	2367503,175	<58>	2278577
<b>Total</b>	<b>3340267,511</b>	<b>Total</b>	<b>3340268</b>

#### IV.2.22 Octanoic Acid-Water Flash Separator (H-420)

<57>

Suhu (C)	120
Tekanan (kPa)	101,3

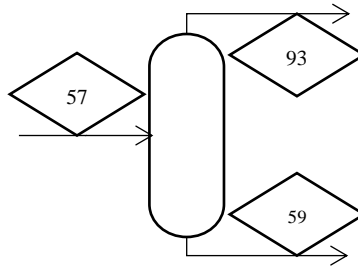


<95>

Suhu (C)	120
Tekanan (kPa)	101,3

<59>

Suhu (C)	120
Tekanan (kPa)	101,3



**Gambar IV.2.22** Aliran *Octanoic Acid-Water Flash Separator*

**Tabel IV.2.14** Neraca Energi *Octanoic Acid-Water Flash Separator*

$\Delta H$ Masuk (kJ/jam)		$\Delta H$ Keluar (kJ/jam)	
<57>	1061624,605	<95>	123941
		<59>	937684
<b>Total</b>	<b>1061625</b>	<b>Total</b>	<b>1061625</b>

#### IV.2.23 H-430 Heat Exchanger (E-432)

<60>

Suhu (C)	120
Tekanan (kPa)	101,3

<61>

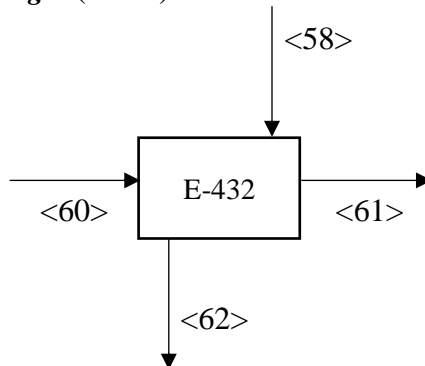
Suhu (C)	250
Tekanan (kPa)	101,3

<58>

Suhu (C)	408
Tekanan (kPa)	3200

<62>

Suhu (C)	295
Tekanan (kPa)	3200



**Gambar IV.2.23** Aliran *H-430 Heat Exchanger*

**Tabel IV.2.15** Neraca Energi *H-430 Heat Exchanger*

$\Delta H$ Masuk (kJ/jam)		$\Delta H$ Keluar (kJ/jam)	
<56>	937776,7126	<57>	1520710
<53>	2272276,579	<58>	1689344
<b>Total</b>	<b>3210053,291</b>	<b>Total</b>	<b>3210053</b>

**IV.2.24** *Octanoic acid-Octyloctanoate Flash Separator (H-430)*

<61>

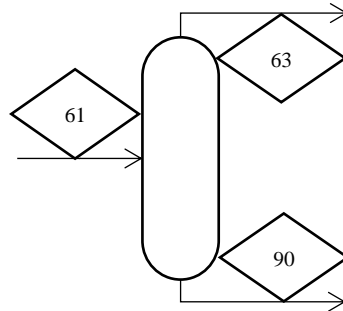
Suhu (C)	250
Tekanan (kPa)	101,3

<63>

Suhu (C)	250
Tekanan (kPa)	101,3

<90>

Suhu (C)	250
Tekanan (kPa)	101,3



**Gambar IV.2.24** Aliran *Octanoic acid-Octyloctanoate Flash Separator*

**Tabel IV.2.16** Neraca Energi *Octanoic acid-Octyloctanoate Flash Separator*

$\Delta H$ Masuk (kJ/jam)		$\Delta H$ Keluar (kJ/jam)	
<61>	1520615,626	<90>	1474702
		<63>	45914,1
<b>Total</b>	<b>1520616</b>	<b>Total</b>	<b>1520616</b>

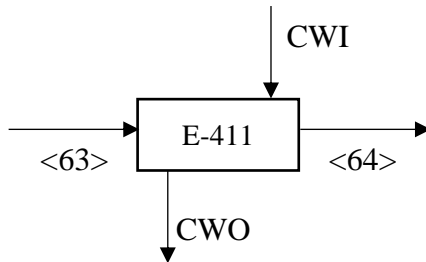
**IV.2.25** *Polyolester Heat Exchanger (E-521)*

<63>

Suhu (C)	250
Tekanan (kPa)	101,3

<64>

Suhu (C)	100
Tekanan (kPa)	101,3



**Gambar IV.2.25** Aliran  
*Polyolester Heat Exchanger*

$$Q = \Delta H = H_{64} - H_{63}$$

$$Q = -833714,3665 \text{ kJ/jam}$$

$$\text{Kebutuhan air} = 45145,80532 \text{ kg/jam}$$

$$= 45,14580532 \text{ m}^3/\text{h}$$

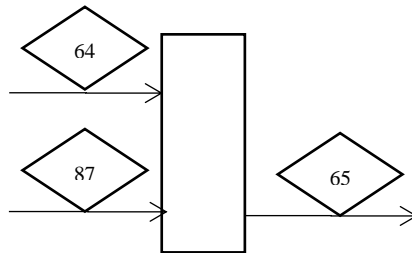
#### IV.2.26 *Polyolester Reactor (R-520)*

<64>

Suhu (C)	100
Tekanan (kPa)	101,3

<65>

Suhu (C)	120
Tekanan (kPa)	101,3



**Gambar IV.2.26** Aliran  
*Polyolester Reactor*

$$\Delta H = \Delta H_{64} + \Delta H_{(298)} + \Delta H_{65} = Q$$

$$\Delta H = 1572651,96 \text{ kJ/jam}$$

#### IV.2.27 *Polyolester Distillation Column (D-530)*

<65>

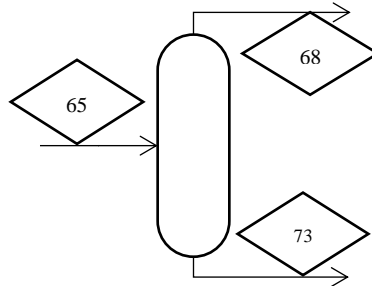
Suhu (C)	120
Tekanan (kPa)	101,3

<68>

Suhu (C)	116
Tekanan (kPa)	101,3

<73>

Suhu (C)	336
Tekanan (kPa)	101,3



**Gambar IV.2.27** Aliran  
*Polyolester Distillation Column*

**Tabel IV.2.17** Neraca Energi *Polyolester Distillation Column*

Q Masuk (kJ)		Q Keluar (kJ)	
<65>	855586,7491	<68>	186890
Qr	H65 + Qr = H68 + H73 + Qc + Qloss	<73>	659854
		Qloss	42779,3
		Qc	62797,6
<b>Total</b>	<b>952320,6293</b>	<b>Total</b>	<b>952321</b>

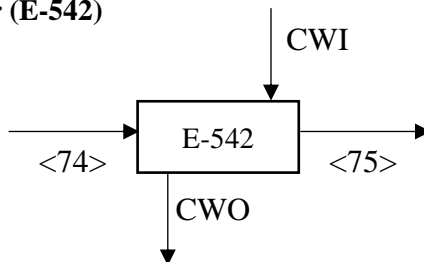
**IV.2.28 Polyolester Cooler (E-542)**

<74>

Suhu (C)	336
Tekanan (kPa)	101,3

<75>

Suhu (C)	40
Tekanan (kPa)	101,3



**Gambar IV.2.28** Aliran  
*Polyolester Cooler*

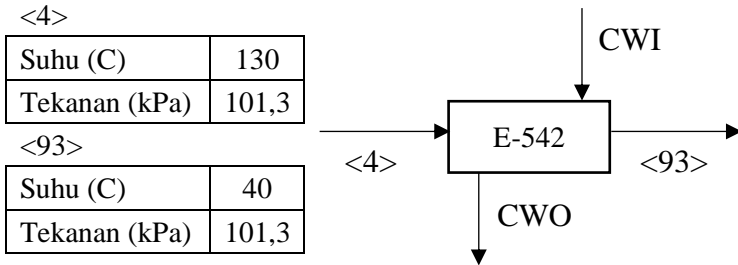
$$Q = \Delta H = H64 - H63$$

$$Q = -1058147,861 \text{ kJ/jam}$$

$$\text{Kebutuhan air} = 57298,92545 \text{ kg/jam}$$

$$= 57,29892545 \text{ m}^3/\text{jam}$$

#### IV.2.29 Water and Light Ends Cooler (E-191)



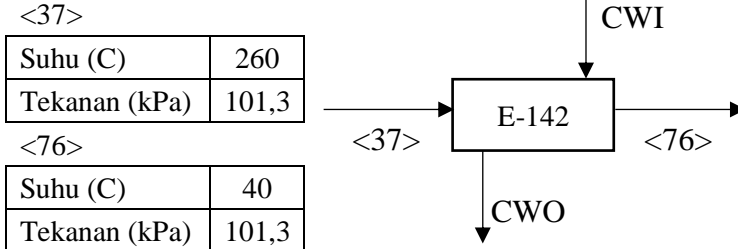
**Gambar IV.2.29** Aliran Water and Light Ends Cooler

$$Q = \Delta H = H_{93} - H_4$$

$$Q = -637,3140399 \text{ kJ/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air} &= 34,51068702 \text{ kg/jam} \\ &= 0,034510687 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

#### IV.2.30 Gasoil Cooler (E-142)



**Gambar IV.2.30** Aliran Gasoil Cooler

$$Q = \Delta H = H_{76} - H_{37}$$

$$Q = -170008,1687 \text{ kJ/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air} &= 9205,977486 \text{ kg/jam} \\ &= 9,205977486 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

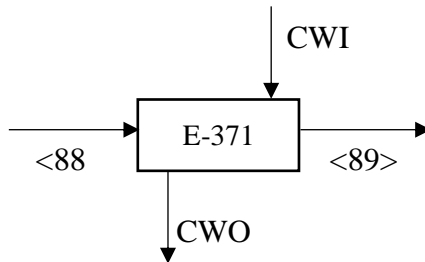
#### IV.2.31 Aluminium Hydroxide Cooler (E-371)

<88>

Suhu (C)	250
Tekanan (kPa)	101,3

<89>

Suhu (C)	40
Tekanan (kPa)	101,3



**Gambar IV.2.31** Aliran Aluminium Hydroxide Cooler

$$Q = \Delta H = H_{64} - H_{63}$$

$$Q = -54924,46736 \text{ kJ/jam}$$

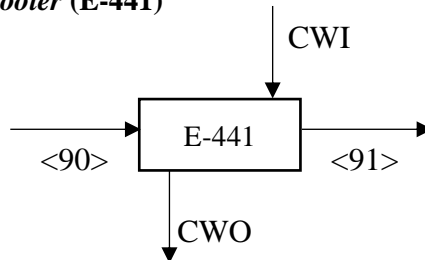
#### IV.2.32 Octyl Octanoate Cooler (E-441)

<90>

Suhu (C)	250
Tekanan (kPa)	101,3

<91>

Suhu (C)	40
Tekanan (kPa)	101,3




**Gambar IV.2.32** Aliran Octyl Octanoate Cooler

$$Q = \Delta H = H_{64} - H_{63}$$

$$Q = -28620,17516 \text{ kJ/jam}$$

$$\text{Kebutuhan air} = 1549,788402 \text{ kg/jam}$$

$$= 1,549788402 \text{ m}^3/\text{jam}$$



**BAB V**  
**DAFTAR DAN**  
**HARGA PERALATAN**

## BAB V

### DAFTAR DAN HARGA PERALATAN

**Tabel V.1** Tangki Penyimpan Minyak Pelumas Bekas (F-110)

Spesifikasi	Tangki Penampung Feed				
Material	Carbon Steel SA - 212 Grade A				
Jumlah	2	unit			
Tipe	Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk <i>elliptical dished head</i> dan tutup bawah <i>conical</i>				
OD	494,00	in	=	41,16667	ft
ID	492,75	in	=	41,0625	ft
Tinggi	82,0085	ft			
Tebal	5/8	in			
Tebal tutup atas	5/8	in			
Tebal tutup bawah	5/8	in			
<b>Harga</b>	<b>727949 USD</b>				

**Tabel V.2** Tangki Penyimpan Gas Oil (F-140)

Spesifikasi	Tangki Penampung Gasoil				
Material	Carbon Steel SA - 240 Grade A				
Jumlah	1	Unit			
Tipe	Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk <i>elliptical dished head</i>				
OD	250,00	in	=	20,8333	ft



ID	249,375	in	=	20,7813	ft
Tinggi	41,6406	ft			
Tebal	5/16	in			
Tebal tutup atas	5/16	in			
<b>Harga</b>	<b>17879 USD</b>				

**Tabel V.3** Tangki Penyimpan *Asphalt Residue* (F-160)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Tangki Penampung Ashpalt</b>				
Material	Carbon Steel SA - 240 Grade A				
Jumlah	1			unit	
Tipe	Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk <i>elliptical dished head</i>				
OD	240,00	in	=	20	ft
ID	239,25	in	=	19,9375	ft
Tinggi	39,9688	ft			
Tebal	3/8	in			
Tebal tutup atas	3/8	in			
<b>Harga</b>	<b>79100 USD</b>				

**Tabel V.4** *Pre-flash Separator* (H-120)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Kode	H-120
Tipe	Horizontal Separator Drum

Fungsi	Memisahkan Water dan Light Ends dari used oil	
Material	Plate steels SA-212 Grade A	
Pengelasan	Double-welded butt joint	
<b>Ukuran</b>		
ID	71,63	in
OD	72	in
Tinggi Shell (L <sub>s</sub> )	19,10	ft
Tebal Shell (t <sub>s</sub> )	3/16	in
Tipe tutup	<i>Elliptical Dished head</i>	
Tebal Tutup(t <sub>h</sub> )	3/16	in
Jumlah	1	
<b>Harga</b>	<b>10595 USD</b>	

**Tabel V.5** Gas Oil Removal Column (D-130)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Kode	D-130	
Fungsi	Memisahkan Gasoil dari Used oil	
Tipe	<i>Full Reflux</i>	
Kapasitas	102	m <sup>3</sup> /jam
Bahan	<i>SA 212 Grade A</i>	
Jumlah	1	
<b>Spesifikasi Plate :</b>		
<i>Type of tray</i>	<i>cross flow sieve tray</i>	
<i>Tower diameter</i>	3	ft
<i>Tray spacing</i>	1,8	ft
<i>Active area</i>	5,37	ft <sup>2</sup>
<i>Hole area</i>	0,71	ft <sup>2</sup>

<i>Downcomer area</i>	0,85	ft <sup>2</sup>
<i>Hole/tower area</i>	0,1	
<i>Hole/active area</i>	0,13	
<i>Hole size</i>	0,19	in
<i>Weir length</i>	2,3	ft
<i>Weir height</i>	1	in
<i>Downcomer clearance</i>	1,5	in
<i>Tray thickness</i>	0,07	in
<i>Number of tray</i>	36,7	
Tinggi tutup	6,46	in
Tinggi kolom total	72	ft
Tebal shell	0,625	in
Tebal tutup atas bawah	7/8	in
<b>Harga</b>	<b>82615 USD</b>	

**Tabel V.6** *Vacuum Distillation Column (D-150)*

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Kode	D-150	
Fungsi	Memisahkan Ashpalt dari oil	
Tipe	<i>Full Reflux</i>	
Kapasitas	102	m <sup>3</sup> /jam
Bahan	<i>SA 212 Grade A</i>	
Jumlah	1	
<b>Spesifikasi Plate :</b>		
<i>Type of tray</i>	<i>cross flow sieve tray</i>	
<i>Tower diameter</i>	3	ft

<i>Tray spacing</i>	1,8	ft
<i>Active area</i>	5,37	ft <sup>2</sup>
<i>Hole area</i>	0,71	ft <sup>2</sup>
<i>Downcomer area</i>	0,85	ft <sup>2</sup>
<i>Hole/tower area</i>	0,1	
<i>Hole/active area</i>	0,13	
<i>Hole size</i>	0,19	in
<i>Weir length</i>	2,3	ft
<i>Weir height</i>	1	in
<i>Downcomer clearance</i>	1,5	in
<i>Tray thickness</i>	0,07	in
<i>Number of tray</i>	30	
Tinggi Tutup	6,46	in
Tinggi Kolom Total	60	ft
Tebal shell	0,625	in
Tebal tutup atas bawah	7/8	in
<b>Harga</b>	<b>314789 USD</b>	

**Tabel V.7** *Thin Film Evaporator (V-153)*

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Fungsi	Memisahkan lube oil dari residu dan fraksi berat	
Tipe	Thin Film Evaporator	
Bahan	Stainless Steel SA-240 Grade M	
Bahan impeller	High Alloy Steel SA 240 Grade M Tipe 316	
Diameter tangki	0,3048	m

Tinggi tangki	1,2192	m
Power motor	1	kW
Jenis pengaduk	<i>flat six blade turbin with disk</i>	
Tebal silinder	0,0047625	m
Jenis tutup atas	<i>Standard dished head</i>	
Tebal tutup atas	0,0047625	m
Jenis tutup bawah	<i>Conical</i>	
Tebal tutup bawah	0,0047625	m
Jumlah	1	Unit
<b>Harga</b>	<b>89283 USD</b>	

**Tabel V.8 Hidrodesulfurization Reactor (R-170)**

Fungsi	Mengubah senyawa sulfur menjadi H <sub>2</sub> S dengan mereaksikannya dengan gas hidrogen	
Tipe reaktor	<i>Trickle Bed Reactor</i>	
Temperatur operasi	315	C
Tekanan operasi	4966	kPa
Kapasitas	1,5	m <sup>3</sup> /jam
Diameter	22	inch
Tinggi reaktor	6,65	m
Tebal silinder	12/16 in	
Tipe tutup atas	<i>Elliptical Dished Head</i>	
Tipe tutup bawah	<i>Elliptical Dished Head</i>	
Tebal tutup	12/16 in	
Tipe katalis	Ni-Mo	
Bahan konstruksi	<i>High Alloy Steel SA-240 grade M type 316</i>	
Tipe pengelasan	<i>Double Welded Butt Joint</i>	

Jumlah alat	1	Buah
<b>Harga</b>	<b>45580 USD</b>	

**Tabel V.9** *Hidrodearomatization Reactor (R-180)*

Fungsi	Mengubah senyawa aromatis menjadi senyawa jenuh dengan mereaksikannya dengan gas hidrogen	
Tipe reaktor	<i>Trickle Bed Reactor</i>	
Temperatur operasi	361,4	C
Tekanan operasi	4931	kPa
Kapasitas	1,5	m <sup>3</sup> /jam
Diameter	22	in
Tinggi reaktor	7,93	m
Tebal silinder	12/16 in	
Tipe tutup atas	<i>Elliptical Dished Head</i>	
Tipe tutup bawah	<i>Elliptical Dished Head</i>	
Tebal tutup	12/16 in	
Tipe katalis	Ni-Mo	
Bahan konstruksi	<i>High Alloy Steel SA-240 grade M type 316</i>	
Tipe pengelasan	<i>Double Welded Butt Joint</i>	
Jumlah alat	1	Buah
<b>Harga</b>	<b>45580 USD</b>	

**Tabel V.10** *Catalytic Cracking Reactor (R-210)*

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Fungsi	Merengkah senyawa berantai panjang yang terdapat pada used oil menjadi rantai yang pendek (ethylene)

Tipe reaktor	<i>Fixed Bed Reactor</i>	
Temperatur operasi	600	C
Tekanan operasi	1,400	bar
Kapasitas	581,97	m <sup>3</sup> /jam
Diameter	22,00	in
Tinggi reaktor	91	in
Tebal silinder	3/8	in
Tipe tutup atas	<i>Standard Dish Head</i>	
Tipe tutup atas	<i>Standard Dish Head</i>	
Tebal tutup	1/2	in
Tipe katalis	ZSM-5	
Bahan konstruksi	Low Alloy Steel SA 301 Grade B	
Tipe pengelasan	<i>Single Welded Butt Joint dengan Backing Strip</i>	
Jumlah alat	1	
<b>Harga</b>	<b>61582 USD</b>	

**Tabel V.11** *Ethylene Distillation Column (D-220)*

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Kode	D-150
Fungsi	Memisahkan fraksi berat dari used oil
Tipe	<i>Full Reflux</i>
Kapasitas	0,03879408 m <sup>3</sup> /jam
Bahan	<i>SA 353 Low Alloy Steel</i>
Jumlah	1
<b>Spesifikasi Plate :</b>	

Type	cross flow sieve tray	
<i>Tower diameter</i>	3	ft
<i>Tray spacing</i>	1,8	ft
<i>Active area</i>	5,37	ft <sup>2</sup>
<i>Hole area</i>	0,71	ft <sup>2</sup>
<i>Downcomer area</i>	0,85	ft <sup>2</sup>
<i>Hole/tower area</i>	0,1	
<i>Hole/active area</i>	0,13	
<i>Hole size</i>	0,19	in
<i>Weir length</i>	2,3	ft
<i>Weir height</i>	2	in
<i>Downcomer clearance</i>	1,5	in
<i>Number of tray</i>	17	
<i>Tinggi Kolom</i>	36,92	ft
<b>Harga</b>	<b>354594 USD</b>	

**Tabel V.12 Octanol Reactor (R-310)**

Spesifikasi	Keterangan	
Tinggi reaktor	198	in
Tebal silinder	3/8	in
Tipe tutup atas	<i>Elliptical Dished Head</i>	
Tipe tutup atas	<i>Elliptical Dished Head</i>	
Tebal tutup	1/3	in
Bahan konstruksi	Low Alloy Steel SA 301 Grade B	
Tipe pengelasan	<i>Single Welded Butt Joint</i>	
Jumlah alat	1	
Pengaduk	<i>Flat six blade</i>	



<b>Harga</b>	<b>386,268 USD</b>
--------------	--------------------

**Tabel V.13** *Octanol Flash Separator (H-320)*

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Kode	H-320	
Tipe	Horizontal Separator drum	
Fungsi	memisahkan vapor dari octanol reaktor	
Material	Plate steels SA-212 Grade A	
Pengelasan	Double-welded butt joint	
<b>Ukuran</b>		
ID	71,63	in
OD	72	in
Tinggi shell (L <sub>s</sub> )	19,10	ft
Tebal shell (t <sub>s</sub> )	3/16	in
Tipe tutup	<i>Elliptical Dished head</i>	
Tebal tutup(t <sub>h</sub> )	3/16	in
Jumlah	1	
<b>Harga</b>	<b>10596 USD</b>	

**Tabel V.14** *Octanol Al(OH)<sub>3</sub> Flash Separator (H-330)*

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Kode	H-350	
Tipe	Horizontal Separator drum	
Fungsi	memisahkan uap oktanol dengan Al(OH) <sub>3</sub>	
Material	Plate steels SA-212 Grade A	
Pengelasan	Double-welded butt joint	
<b>Ukuran</b>		
ID	65,63	in

OD	66	in
Tinggi shell (L <sub>s</sub> )	17,50	ft
Tebal shell (t <sub>s</sub> )	3/16	in
Tipe tutup	<i>Elliptical Dished head</i>	
Tebal tutup(t <sub>h</sub> )	3/16	in
Jumlah	1	
<b>Harga</b>	<b>10597 USD</b>	

**Tabel V.15 Octanoic Acid Reactor (R-410)**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Fungsi	Mengoksidasi oktanol menjadi <i>octanoic acid</i>	
Tipe reaktor	<i>Fixed Bed Reactor dengan jaket pendingin</i>	
Temperatur operasi	100	C
Tekanan operasi	1,000	bar
Kapasitas	291,22	m <sup>3</sup> /jam
Diameter	22,00	in
Tinggi reaktor	91	in
Tebal jaket	197	in
Tebal silinder	1/3	in
Tipe tutup atas	<i>Standard Dish Head</i>	
Tipe tutup atas	<i>Standard Dish Head</i>	
Tebal tutup	3/8	in
Tipe katalis	NiO	
Bahan konstruksi	Low Alloy Steel SA 301 Grade B	
Tipe pengelasan	<i>Single Welded Butt Joint dengan Backing Strip</i>	

Jumlah alat	1
<b>Harga</b>	<b>47456 USD</b>

**Tabel V.16** *Octanoic Acid Water Flash Separator (H-420)*

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Kode	H-420	
Tipe	Flash Tank	
Fungsi	Memisahkan produk <i>octanoic acid reactor</i> dari air	
Material	SA 283 Grade B Carbon Steel	
Pengelasan	Double-welded butt joint	
<b>Ukuran</b>		
ID	89,7	in
OD	90	in
Tinggi shell (L <sub>s</sub> )	22,44	ft
Tebal shell (t <sub>s</sub> )	3/16	in
Tipe tutup	torispherical dihead head	
Tebal tutup(t <sub>h</sub> )	3/16	in
Jumlah	1	
<b>Harga</b>	<b>10598 USD</b>	

**Tabel V.17** *Octanoic Octyloctanoate Flash Separator (H-430)*

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Kode	H-430	
Tipe	Horizontal Separator drum	
Fungsi	Memisahkan <i>octanoic acid</i> dengan <i>octyloctanoate</i>	
Material	Plate steels SA-212 Grade A	

Pengelasan	Double-welded butt joint	
<b>Ukuran</b>		
ID	65,63	in
OD	66	in
Tinggi shell (L <sub>s</sub> )	17,50	ft
Tebal shell (t <sub>s</sub> )	3/16	in
Tipe tutup	<i>Elliptical Dished head</i>	
Tebal tutup (t <sub>h</sub> )	3/16	in
Jumlah	1	
<b>Harga</b>	<b>10595 USD</b>	

**Tabel V.18** *Polyolester Reactor (R-520)*

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Fungsi	Mensintesa <i>polyolester</i> dari <i>octanoic acid</i> dan TMP	
Tipe reaktor	<i>Continues Flow Reaktor</i>	
Temperatur operasi	110	C
Tekanan operasi	1,000	bar
Kapasitas	1,90	m <sup>3</sup> /jam
Diameter	130,00	in
Tinggi reaktor	239	in
Tebal silinder	1/5	in
Tipe tutup atas	<i>Elliptical Dished Head</i>	
Tipe tutup atas	<i>Elliptical Dished Head</i>	
Tebal tutup	1/5	in
Bahan konstruksi	Low Alloy Steel SA 301 Grade B	
Tipe pengelasan	<i>Single Welded Butt Joint</i>	

Jumlah alat	1
<b>Harga</b>	<b>58713 USD</b>

**Tabel V.19 Polyolester Distillation Column (D-530)**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Kode	D-530	
Fungsi	Memisahkan Water dan Polyolester	
Tipe	<i>Full Reflux</i>	
Kapasitas	102	m <sup>3</sup> /jam
Bahan	SA 212 Grade A	
Jumlah	1	
<b>Spesifikasi plate :</b>		
<i>Type of tray</i>	<i>cross flow sieve tray</i>	
<i>Tower diameter</i>	3	ft
<i>Tray spacing</i>	1,8	ft
<i>Active area</i>	5,37	ft <sup>2</sup>
<i>Hole area</i>	0,71	ft <sup>2</sup>
<i>Downcomer area</i>	0,85	ft <sup>2</sup>
<i>Hole/tower area</i>	0,1	
<i>Hole/active area</i>	0,13	
<i>Hole size</i>	0,19	in
<i>Weir length</i>	2,3	ft
<i>Weir height</i>	2	in
<i>Downcomer clearance</i>	1,5	in
<i>Tray thickness</i>	0,07	in
<i>Number of tray</i>	7,1	

Tinggi tutup	6,46	in
Tinggi kolom total	21	ft
Tebal shell	0,625	in
Tebal tutup atas bawah	2 3/8	in
<b>Harga</b>	<b>88764 USD</b>	

**Tabel V.20** Pompa Feed (L-121)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Fungsi	Mengalirkan Used Lube Oil dari Tangki Used Lube Oil (F-110) ke Pre Flash Column (H-120)	
Material	<i>Commercial Steel</i>	
Tipe	Pompa Sentrifugal	
Jumlah	1	unit
Kapasitas	2638	kg/h
Ukuran pipa	1	in, sch 40
ID pipa	0,02664	m
OD pipa	0,0334	m
Tebal pipa	0,00338	m
Panjang pipa	5,2	m
Beda ketinggian	13,77	m
Elbow 90°	3	buah
Konsumsi daya	28,08	kW
<i>Pump head</i> (hp)	45,17	ft
BHP	21,06	kW

Efisiensi pompa $\eta_p$	45	%
Efisiensi motor $\eta_m$	75	%
<b>Harga</b>	<b>7836 USD</b>	

**Tabel V.21** Pompa *Gas Oil Removal* (L-131)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Fungsi	Mengalirkan Used Lube Oil dari Pre Flash Column (H-120) ke Gas-Oil Distillation Column (D-130)	
Material	<i>Commercial Steel</i>	
Tipe	Pompa Sentrifugal	
Jumlah	1	unit
Kapasitas	2594	kg/h
Ukuran pipa	2	in, sch 40
ID pipa	0,0525	m
OD pipa	0,06033	m
Tebal pipa	0,00291	m
Panjang pipa	42,35	m
Beda ketinggian	4,47	m
Elbow 90°	3	buah
Konsumsi daya	17,84	kW
<i>Pump head</i> (hp)	13,12	ft
BHP	13,38	kW
Efisiensi pompa $\eta_p$	45	%
Efisiensi motor $\eta_m$	75	%
<b>Harga</b>	<b>6511 USD</b>	

**Tabel V.22** Pompa *Vacuum Distillation* (L-151)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Fungsi	Mengalirkan Used Lube Oil dari Pre Flash Column (H-120) ke Gas-Oil Distillation Column (D-130)	
Material	<i>Commercial Steel</i>	
Tipe	Pompa Sentrifugal	
Jumlah	1	unit
Kapasitas	2289	kg/h
Ukuran pipa	2	in, sch 40
ID pipa	0,0525	m
OD pipa	0,06033	m
Tebal pipa	0,00291	m
Panjang pipa	42,35	m
Beda ketinggian	4,47	m
Elbow 90°	3	buah
Konsumsi daya	15,75	kW
<i>Pump head</i> (hp)	13,12	ft
BHP	11,81	kW
Efisiensi pompa $\eta_p$	45	%
Efisiensi motor $\eta_m$	75	%
<b>Harga</b>	<b>6511 USD</b>	



**Tabel V.23** Pompa *Asphalt Storage Tank* (L-154)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Fungsi	Mengalirkan <i>bottom</i> produk D-150 ke F160	
Material	<i>Commercial Steel</i>	
Tipe	Pompa Sentrifugal	
Jumlah	1	unit
Kapasitas	308,9313192	kg/h
Ukuran Pipa	2	in, sch 40
ID Pipa	0,0525	m
OD Pipa	0,06033	m
Tebal Pipa	0,00291	m
Panjang Pipa	30	m
Beda ketinggian	4	m
Elbow 90°	3	buah
Konsumsi Daya	0,07	hp
Efisiensi motor $\eta_m$	75	%
<b>Harga</b>	<b>5408 USD</b>	

**Tabel V.24** Pompa *Hidrosulfurization Reactor* (L-171)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Fungsi	Mengalirkan distilat dari H-157 ke E-172	
Material	<i>Commercial Steel</i>	
Tipe	Pompa Sentrifugal	
Jumlah	1	unit

Kapasitas	1979,778528	kg/h
Ukuran pipa	2	in, sch 40
ID pipa	0,0525	m
OD pipa	0,06033	m
Tebal pipa	0,00291	m
Panjang pipa	9	m
Beda ketinggian	4	m
Elbow 90°	3	buah
Konsumsi daya	6,43	hp
Efisiensi motor $\eta_m$	75	%
<b>Harga</b>	<b>9933 USD</b>	

**Tabel V.25** Pompa *Hidrodearomatization Reactor (L-181)*

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Fungsi	Mengalirkan produk R-170 ke R-180	
Material	<i>Commercial Steel</i>	
Tipe	Pompa Sentrifugal	
Jumlah	1	unit
Kapasitas	1980,770009	kg/h
Ukuran pipa	2	in, sch 40
ID pipa	0,0525	m
OD pipa	0,06033	m
Tebal pipa	0,00291	m
Panjang pipa	12	m
Beda ketinggian	4	m
Elbow 90°	3	buah
Konsumsi daya	0,18	hp

Efisiensi motor $\eta_m$	75	%
<b>Harga</b>	<b>13575 USD</b>	

**Tabel V.26** Pompa *Reflux D-130 (L-136)*

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Fungsi	Mengalirkan refluks aliran refluks kembali ke kolom	
Material	<i>Commercial Steel</i>	
Tipe	Pompa Sentrifugal	
Jumlah	1	unit
Kapasitas	108,58	kg/h
Ukuran pipa	1	in, sch 40
ID pipa	0,02664	m
OD pipa	0,0334	m
Tebal pipa	0,00338	m
Panjang pipa	5,2	m
Beda ketinggian	13,77	m
Elbow 90°	2	buah
Konsumsi daya	28,08	kW
<i>Pump head</i> (hp)	45,17	ft
BHP	21,06	kW
Efisiensi pompa $\eta_p$	45	%
Efisiensi motor $\eta_m$	75	%
<b>Harga</b>	<b>6511 USD</b>	

**Tabel V.27** Pompa *Reflux D-150 (L-158)*

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
--------------------	-------------------	--

Fungsi	Mengalirkan refluks aliran refluks kembali ke kolom	
Material	<i>Commercial Steel</i>	
Tipe	Pompa Sentrifugal	
Jumlah	1	unit
Kapasitas	1187,916173	kg/h
Ukuran pipa	2	in, sch 40
ID pipa	0,0525	m
OD pipa	0,06033	m
Tebal pipa	0,00291	m
Panjang pipa	5	m
Beda ketinggian	4	m
Elbow 90°	3	buah
Konsumsi daya	0,01	hp
Efisiensi motor $\eta_m$	75	%
<b>Harga</b>	<b>5408 USD</b>	

**Tabel V.29** Pompa Propene (L-224)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Fungsi	Mengalirkan bottom dari D-220 ke F-228	
Material	<i>Commercial Steel</i>	
Tipe	Pompa Sentrifugal	
Jumlah	1	unit
Kapasitas	1035,92098	kg/h

Ukuran pipa	2	in, sch 40
ID pipa	0,0525	m
OD pipa	0,06033	m
Tebal pipa	0,00291	m
Panjang pipa	20	m
Beda ketinggian	4	m
Elbow 90°	3	buah
Konsumsi daya	0,10	hp
Efisiensi motor $\eta_m$	75	%
<b>Harga</b>	<b>5408 USD</b>	

**Tabel V.30** Pompa Reflux *D-220 (L-227)*

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Fungsi	Mengalirkan refluks aliran refluks kembali ke kolom	
Material	<i>Commercial Steel</i>	
Tipe	Pompa Sentrifugal	
Jumlah	1	unit
Kapasitas	1159,318948	kg/h
Ukuran pipa	2	in, sch 40
ID pipa	0,0525	m
OD pipa	0,06033	m
Tebal pipa	0,00291	m
Panjang pipa	5	m
Beda ketinggian	4	m
Elbow 90°	3	buah

Konsumsi daya	0,01	hp
Efisiensi motor $\eta_m$	75	%
<b>Harga</b>	<b>5408 USD</b>	

**Tabel V.31** Pompa Water-Octanol Flash Separator (L-331)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Fungsi	mengalirkan bottom dari H-320 ke E-332	
Material	<i>Commercial Steel</i>	
Tipe	Pompa Sentrifugal	
Jumlah	1	unit
Kapasitas	1522,838652	kg/h
Ukuran pipa	2	in, sch 40
ID pipa	0,0525	m
OD pipa	0,06033	m
Tebal pipa	0,00291	m
Panjang pipa	11	m
Beda ketinggian	4	m
Elbow 90°	3	buah
Konsumsi daya	0,03	hp
Efisiensi motor $\eta_m$	75	%
<b>Harga</b>	<b>13464 USD</b>	

**Tabel V.32** Pompa Octanoic acid-Octyloctanoate Flash Separator (L-431)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Fungsi	Mengalirkan liquid dari H-420 ke E-432	
Material	<i>Commercial Steel</i>	

Tipe	Pompa Sentrifugal	
Jumlah	1	unit
Kapasitas	1522,838652	kg/h
Ukuran pipa	2	in, sch 40
ID pipa	0,0525	m
OD pipa	0,06033	m
Tebal pipa	0,00291	m
Panjang pipa	11	m
Beda ketinggian	4	m
Elbow 90°	3	buah
Konsumsi daya	0,02	hp
Efisiensi motor $\eta_m$	75	%
<b>Harga</b>	<b>6511 USD</b>	

**Tabel V.33** Pompa Produk Polyolester (L-541)

Spesifikasi	Keterangan	
Fungsi	Mengalirkan produk polyolester ke tank F-540	
Material	<i>Commercial Steel</i>	
Tipe	Pompa Sentrifugal	
Jumlah	1	unit
Kapasitas	1124,795466	kg/h
Ukuran pipa	2	in, sch 40
ID pipa	0,0525	m
OD pipa	0,06033	m
Tebal pipa	0,00291	m

Panjang pipa	19	m
Beda ketinggian	4	m
Elbow 90°	3	buah
Konsumsi daya	0,07	hp
Efisiensi motor $\eta_m$	75	%
<b>Harga</b>	<b>6511 USD</b>	

**Tabel V.34** Pompa Reflux *Polyolester Distillation* (L-533)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Fungsi	Mengalirkan produk dari H-530 ke polyolester tank F-550	
Material	<i>Commercial Steel</i>	
Tipe	Pompa Sentrifugal	
Jumlah	1	unit
Kapasitas	1660	kg/h
Ukuran pipa	2	in, sch 40
ID pipa	0,0525	m
OD pipa	0,06033	m
Tebal pipa	0,00291	m
Panjang pipa	5	m
Beda ketinggian	4	m
Elbow 90°	3	buah
Konsumsi daya	0,01	hp
Efisiensi motor $\eta_m$	75	%
<b>Harga</b>	<b>5408 USD</b>	



**Tabel V.35** Pompa Trietilaluminium (L-341)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Fungsi	mengalirkan trietilaluminium dari F-360 ke R-310	
Material	<i>Commercial Steel</i>	
Tipe	Pompa Sentrifugal	
Jumlah	1	unit
Kapasitas	399,58324	kg/h
Ukuran pipa	2	in, sch 40
ID pipa	0,0525	m
OD pipa	0,06033	m
Tebal pipa	0,00291	m
Panjang pipa	20	m
Beda ketinggian	4	m
Elbow 90°	3	buah
Konsumsi daya	0,94	hp
Efisiensi motor $\eta_m$	75	%
<b>Harga</b>	<b>5408 USD</b>	

**Tabel V.36** Pompa TMP (L-511)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Fungsi	mengalirkan TMP dari F-510 ke reaktor R-520	
Material	<i>Commercial Steel</i>	
Tipe	Pompa Sentrifugal	
Jumlah	1	unit

Kapasitas	1141,620156	kg/h
Ukuran pipa	2	in, sch 40
ID pipa	0,0525	m
OD pipa	0,06033	m
Tebal pipa	0,00291	m
Panjang pipa	16	m
Beda ketinggian	4	m
Elbow 90°	3	buah
Konsumsi daya	0,02	hp
Efisiensi motor $\eta_m$	75	%
<b>Harga</b>	<b>6842 USD</b>	

**Tabel V.37 Heat Exchanger E-122**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Kode alat	E-122	
Fungsi	Memanaskan aliran used oil sebelum memasuki flash separator	
Jenis	DPHE	
Jumlah	1	unit
Bahan konstruksi	Carbon steel SA 212 grade A	
Luas area	20,01156304	ft <sup>2</sup>
<b>Temperatur</b>		
T <sub>1</sub>	1526,36	°F
T <sub>2</sub>	1380,2	°F
t <sub>1</sub>	77	°F
t <sub>2</sub>	266	°F
<i>Outer pipe</i>	0,14	ft

<i>Inner pipe</i>	0,12	ft
<i>Length</i>	12	ft
Jumlah <i>hairpin</i>	1,0000	
<i>Fouling factor</i>	0,043	
$\Delta P$ <i>annulus</i>	0,37	psi
$\Delta P$ <i>inner pipe</i>	0,2773	psi
<b>Harga</b>	<b>1655 USD</b>	

**Tabel V.38 Heat Exchanger E-132**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Kode alat	E-132	
Fungsi	Memanaskan aliran used oil sebelum memasuki kolom D-130	
Jenis	DPHE	
Jumlah	1	unit
Bahan konstruksi	Carbon steel SA 212 grade A	
Luas area	9,729112878	ft <sup>2</sup>
<b>Temperatur</b>		
T <sub>1</sub>	1403,6	°F
T <sub>2</sub>	1313,6	°F
t <sub>1</sub>	266	°F
t <sub>2</sub>	374	°F
<i>Outer pipe</i>	0,14	ft
<i>Inner pipe</i>	0,12	ft
<i>Length</i>	12	ft
Jumlah <i>hairpin</i>	1,0000	
<i>Fouling factor</i>	0,082	
$\Delta P$ <i>annulus</i>	0,35	psi

$\Delta P$ inner pipe	0,1949	psi
<b>Harga</b>	<b>1435 USD</b>	

**Tabel V.39** Heat Exchanger E-152

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Kode alat	E-152	
Fungsi	Memanaskan aliran used oil sebelum memasuki kolom D-150	
Jenis	DPHE	
Jumlah	1	unit
Bahan konstruksi	Carbon steel SA 212 grade A	
Luas area	3,649486955	ft <sup>2</sup>
<b>Temperatur</b>		
T <sub>1</sub>	1312,7	°F
T <sub>2</sub>	1290,2	°F
t <sub>1</sub>	509	°F
t <sub>2</sub>	536	°F
<i>Outer pipe</i>	0,20	ft
<i>Inner pipe</i>	0,17	ft
<i>Length</i>	12	ft
Jumlah hairpin	1,0000	
<i>Fouling factor</i>	0,251	
$\Delta P$ annulus	0,04	psi
$\Delta P$ inner pipe	0,0200	psi
<b>Harga</b>	<b>1104 USD</b>	

**Tabel V.40** *Heat Exchanger E-172*

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Kode alat	E-172	
Fungsi	Memanaskan aliran dari top D-150 menuju sebelum ke <i>hydrodesulfurization reactor</i>	
Jenis	DPHE	
Jumlah	1	unit
Bahan Konstruksi	Carbon steel SA 212 grade A	
Luas Area	15,91420698	ft <sup>2</sup>
<b>Temperatur</b>		
T <sub>1</sub>	1290,2	°F
T <sub>2</sub>	1191,2	°F
t <sub>1</sub>	471,2	°F
t <sub>2</sub>	662	°F
<i>Outer pipe</i>	0,14	ft
<i>Inner pipe</i>	0,12	ft
<i>Length</i>	12	ft
Jumlah <i>hairpin</i>	1,0000	
<i>Fouling factor</i>	0,044	
$\Delta P$ <i>annulus</i>	0,04	psi
$\Delta P$ <i>inner pipe</i>	0,0420	psi
<b>Harga</b>	<b>1655 USD</b>	

**Tabel V.41** *Heat Exchanger E-182*

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Kode alat	E-182	
Fungsi	Memanaskan aliran dari top R-170 ke R-180	

Jenis	STHE	
Jumlah	1	
Bahan konstruksi	Carbon steel SA 212 grade A	
Luas area	181,005	ft <sup>2</sup>
<b>Temperatur</b>		
T <sub>1</sub>	662	°F
T <sub>2</sub>	660,2	°F
t <sub>1</sub>	617	°F
t <sub>2</sub>	644	°F
<i>OD tube</i>	1,00	in
<i>ID shell</i>	15,25	in
<i>Jumlah Nt</i>	86	
Uc	44,97	BTU/jam,ft <sup>2</sup> ,°F
Ud	15,073827	BTU/jam,ft <sup>2</sup> ,°F
<i>Length</i>	8	ft
<i>Tube passes</i>	2,0000	
<i>Fouling factor</i>	0,044	
$\Delta P$ <i>shell</i>	0,00	psi
$\Delta P$ <i>tube</i>	0,0084	psi
<b>Harga</b>	<b>10484 USD</b>	

**Tabel V.42** *Heat Exchanger E-211*

Spesifikasi	Keterangan	
Kode alat	E-211	
Fungsi	Memaskan aliran produk R-180 ke R-210	
Jenis	STHE	
Jumlah	1	

Bahan konstruksi	Carbon steel SA 212 grade A	
Luas area	137,766	ft <sup>2</sup>
<b>Temperatur</b>		
T <sub>1</sub>	1193	°F
T <sub>2</sub>	1047,2	°F
t <sub>1</sub>	681,8	°F
t <sub>2</sub>	842	°F
<i>OD tube</i>	1,00	in
<i>ID shell</i>	13,25	in
<i>Jumlah Nt</i>	66	
Uc	58,65	BTU/jam.ft <sup>2</sup> .°F
Ud	10,66402349	BTU/jam.ft <sup>2</sup> .°F
<i>Length</i>	8	ft
<i>Tube passes</i>	2,0000	
<i>Fouling factor</i>	0,077	
$\Delta P$ shell	0,39	psi
$\Delta P$ tube	0,0198	psi
<b>Harga</b>	<b>6401 USD</b>	

**Tabel V.43** Heat Exchanger E-221

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Kode alat	E-221	
Fungsi	Memanaskan ethylene menuju kolom D-220	
Jenis	STHE	
Jumlah	1	
Bahan Konstruksi	Carbon steel SA 212 grade A	
Luas Area	421,841	ft <sup>2</sup>

<b>Temperatur</b>		
T <sub>1</sub>	563	°F
T <sub>2</sub>	104	°F
t <sub>1</sub>	77	°F
t <sub>2</sub>	104	°F
<i>OD tube</i>	1,00	in
<i>ID shell</i>	23,25	in
<i>Jumlah Nt</i>	202	
U <sub>c</sub>	19,36	BTU/jam,ft <sup>2</sup> ,°F
U <sub>d</sub>	10,96806542	BTU/jam,ft <sup>2</sup> ,°F
Length	8	ft
Tube Passes	6,0000	
Fouling Factor	0,040	
ΔP <i>Shell</i>	1,63	psi
ΔP tube	0,0333	psi
<b>Harga</b>	<b>10043 USD</b>	

**Tabel V.44** Heat Exchanger E-134

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Kode alat	E-134	
Fungsi	Sebagai kondensor D-130	
Jenis	DPHE	
Jumlah	1	
Bahan konstruksi	Carbon steel SA 212 grade A	
Luas area	17,95939276	ft <sup>2</sup>
<b>Temperatur</b>		
T <sub>1</sub>	339,8	°F
T <sub>2</sub>	325,22	°F



$t_1$	77	°F
$t_2$	104	°F
<i>Outer pipe</i>	0,14	ft
<i>Inner pipe</i>	0,12	ft
<i>Length</i>	12	ft
Jumlah <i>hairpin</i>	1,0000	
<i>Fouling factor</i>	0,037	
$\Delta P$ <i>annulus</i>	2,12	psi
$\Delta P$ <i>inner pipe</i>	0,0721	psi
<b>Harga</b>	<b>1655 USD</b>	

**Tabel V.45** *Heat Exchanger E-156*

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Kode alat	E-156	
Fungsi	Sebagai kondensor D-150	
Jenis	DPHE	
Jumlah	1	
Bahan konstruksi	Carbon steel SA 212 grade A	
Luas area	3	ft <sup>2</sup>
<b>Temperatur</b>		
$T_1$	482	°F
$T_2$	468,14	°F
$t_1$	77	°F
$t_2$	104	°F
<i>Outer pipe</i>	0,20	ft
<i>Inner pipe</i>	0,17	ft
<i>Length</i>	12	ft
Jumlah <i>hairpin</i>	1,0000	

<i>Fouling factor</i>	0,298	
$\Delta P$ annulus	0,01	psi
$\Delta P$ inner pipe	2,8193	psi
<b>Harga</b>	<b>1104 USD</b>	

**Tabel V.46** Heat Exchanger E-225

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Kode alat	E-225	
Fungsi	Sebagai Kondensor D-220	
Jenis	STHE	
Jumlah	1	
Bahan konstruksi	Carbon steel SA 212 grade A	
Luas area	181,173	ft <sup>2</sup>
<b>Temperatur</b>		
T <sub>1</sub>	84,2	°F
T <sub>2</sub>	73,4	°F
t <sub>1</sub>	32	°F
t <sub>2</sub>	59	°F
<i>OD tube</i>	1,00	in
<i>ID shell</i>	15,25	in
<i>Jumlah Nt</i>	86	
U <sub>c</sub>	56,19	BTU/jam.ft <sup>2</sup> .°F
U <sub>d</sub>	46,26935801	BTU/jam.ft <sup>2</sup> .°F
Length	8	ft
Tube passes	2,0000	
Fouling factor	0,004	
$\Delta P$ Shell	1,96	psi
$\Delta P$ tube	2,6840	psi

<b>Harga</b>	<b>10043 USD</b>
--------------	------------------

**Tabel V.46 Heat Exchanger E-137**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Kode alat	E-137	
Fungsi	Sebagai Reboiler D-130	
Jenis	STHE	
Jumlah	1	
Bahan Konstruksi	Carbon steel SA 212 grade A	
Luas Area	121,465	ft <sup>2</sup>
<b>Temperatur</b>		
T <sub>1</sub>	662	°F
T <sub>2</sub>	660,2	°F
t <sub>1</sub>	482	°F
t <sub>2</sub>	509	°F
<i>OD tube</i>	1,00	in
<i>ID shell</i>	13,25	in
<i>Jumlah Nt</i>	58	
U <sub>c</sub>	61,04	BTU/jam.ft <sup>2</sup> .°F
U <sub>d</sub>	25,69776905	BTU/jam.ft <sup>2</sup> .°F
Length	8	ft
Tube Passes	4,0000	
Fouling Factor	0,023	
$\Delta P$ Shell	0,04	psi
$\Delta P$ tube	0,0551	psi
<b>Harga</b>	<b>6401 USD</b>	

**Tabel V.47 Heat Exchanger E-223**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Kode alat	E-137	
Fungsi	Sebagai Reboiler D-220	
Jenis	STHE	
Jumlah	1	
Bahan konstruksi	Carbon steel SA 212 grade A	
Luas area	69,836	ft <sup>2</sup>
<b>Temperatur</b>		
T <sub>1</sub>	662	°F
T <sub>2</sub>	660,2	°F
t <sub>1</sub>	176	°F
t <sub>2</sub>	189	°F
<i>OD tube</i>	1,00	in
<i>ID shell</i>	10,00	in
<i>Jumlah Nt</i>	32	
U <sub>c</sub>	9,88	BTU/jam,ft <sup>2</sup> ,°F
U <sub>d</sub>	6,252025441	BTU/jam,ft <sup>2</sup> ,°F
Length	8	ft
Tube passes	2,0000	
Fouling factor	0,059	
$\Delta P$ Shell	0,02	psi
$\Delta P$ tube	0,0264	psi
<b>Harga</b>	<b>2980 USD</b>	

**Tabel V.48 Heat Exchanger E-193**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Kode alat	E-193	
Fungsi	<i>Pendingin Water &amp; Light Ends ke Tank F-190</i>	
Jenis	DPHE	
Jumlah	1	
Bahan konstruksi	Carbon steel SA 212 grade A	
Luas area	4	ft <sup>2</sup>
<b>Temperatur</b>		
T <sub>1</sub>	266	°F
T <sub>2</sub>	95	°F
t <sub>1</sub>	77	°F
t <sub>2</sub>	104	°F
<i>Outer pipe</i>	0,14	ft
<i>Inner pipe</i>	0,12	ft
<i>Length</i>	12	ft
Jumlah hairpin	1,0000	
<i>Fouling factor</i>	2,676	
$\Delta P$ annulus	0,00	psi
$\Delta P$ inner pipe	0,0001	psi
<b>Harga</b>	<b>1104 USD</b>	

**Tabel V.49 Heat Exchanger E-142**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Kode alat	E-142	
Fungsi	<i>Pendingin Gasoil Product sebelum ke F-140</i>	
Jenis	DPHE	

Jumlah	1	
Bahan konstruksi	Carbon steel SA 212 grade A	
Luas area	48,09542339	ft <sup>2</sup>
<b>Temperatur</b>		
T <sub>1</sub>	566,6	°F
T <sub>2</sub>	95	°F
t <sub>1</sub>	77	°F
t <sub>2</sub>	104	°F
<i>Outer pipe</i>	0,14	ft
<i>Inner pipe</i>	0,12	ft
<i>Length</i>	12	ft
Jumlah hairpin	3,0000	
<i>Fouling factor</i>	0,051	
$\Delta P$ annulus	0,00	psi
$\Delta P$ inner pipe	1,1435	psi
<b>Harga</b>	<b>1655 USD</b>	

**Tabel V.50** Heat Exchanger E-312

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Kode Alat	E-312	
Fungsi	<i>Preheat sebelum masuk ke R-310</i>	
Jenis	DPHE	
Jumlah	1	
Bahan Konstruksi	Carbon steel SA 212 grade A	
Luas Area	3	ft <sup>2</sup>
<b>Temperatur</b>		
T <sub>1</sub>	1047,2	°F
T <sub>2</sub>	1023,8	°F

$t_1$	109,4	°F
$t_2$	203	°F
<i>Outer pipe</i>	0,14	ft
<i>Inner pipe</i>	0,12	ft
<i>Length</i>	12	ft
Jumlah <i>hairpin</i>	1,0000	
<i>Fouling factor</i>	0,319	
$\Delta P$ <i>annulus</i>	0,03	psi
$\Delta P$ <i>inner pipe</i>	7,2632	psi
<b>Harga</b>	<b>1104 USD</b>	

**Tabel V.51** *Heat Exchanger E-332*

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Kode alat	E-332	
Fungsi	Sebagai Heat Exchanger sebelum masuk H-330	
Jenis	STHE	
Jumlah	1	
Bahan konstruksi	Carbon steel SA 212 grade A	
Luas area	121	ft <sup>2</sup>
<b>Temperatur</b>		
$T_1$	1023,8	°F
$T_2$	796,87292	°F
$t_1$	212	°F
$t_2$	482	°F
<i>OD tube</i>	1,00	in
<i>ID shell</i>	13,25	in
<i>Jumlah Nt</i>	58	

$U_c$	50,80	BTU/jam,ft <sup>2</sup> ,°F
$U_d$	10,76029028	BTU/jam,ft <sup>2</sup> ,°F
Length	8	ft
Tube passes	4,0000	
Fouling factor	0,073	
$\Delta P_{shell}$	0,29	psi
$\Delta P_{tube}$	0,0953	psi
<b>Harga</b>	<b>5739 USD</b>	

**Tabel V.52** Heat Exchanger E-411

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Kode alat	E-411	
Fungsi	Sebagai Heat Exchanger sebelum masuk R-410	
Jenis	STHE	
Jumlah	1	
Bahan konstruksi	Carbon steel SA 212 grade A	
Luas area	292	ft <sup>2</sup>
<b>Temperatur</b>		
$T_1$	482	°F
$T_2$	212	°F
$t_1$	77	°F
$t_2$	104	°F
<i>OD tube</i>	1,00	in
<i>ID shell</i>	19,25	in
<i>Jumlah Nt</i>	140	
$U_c$	90,56	BTU/jam,ft <sup>2</sup> ,°F
$U_d$	10,74719219	BTU/jam,ft <sup>2</sup> ,°F



Length	8	ft
Tube passes	4,0000	
Fouling factor	0,082	
$\Delta P$ shell	0,07	psi
$\Delta P$ tube	1,2966	psi
<b>Harga</b>	<b>20086 USD</b>	

**Tabel V.53 Heat Exchanger E-421**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Kode alat	E-421	
Fungsi	<i>Preheat sebelum masuk ke H-420</i>	
Jenis	DPHE	
Jumlah	1	
Bahan konstruksi	Carbon steel SA 212 grade A	
Luas area	50	ft <sup>2</sup>
<b>Temperatur</b>		
T <sub>1</sub>	797	°F
T <sub>2</sub>	766,4	°F
t <sub>1</sub>	212	°F
t <sub>2</sub>	248	°F
<i>Outer pipe</i>	0,20	ft
<i>Inner pipe</i>	0,17	ft
<i>Length</i>	12	ft
Jumlah hairpin	3,0000	
<i>Fouling factor</i>	0,055	
$\Delta P$ annulus	0,00	psi
$\Delta P$ inner pipe	2,9579	psi
<b>Harga</b>	<b>1655 USD</b>	

**Tabel V.54 Heat Exchanger E-432**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Kode alat	E-432	
Fungsi	Sebagai Heat Exchanger sebelum masuk H-430	
Jenis	STHE	
Jumlah	1	
Bahan konstruksi	Carbon steel SA 212 grade A	
Luas area	180	ft <sup>2</sup>
<b>Temperatur</b>		
T <sub>1</sub>	766,4	°F
T <sub>2</sub>	563,7434	°F
t <sub>1</sub>	248	°F
t <sub>2</sub>	482	°F
<i>OD tube</i>	1,00	in
<i>ID shell</i>	15,25	in
<i>Jumlah Nt</i>	86	
Uc	8,10	BTU/jam,ft <sup>2</sup> ,°F
Ud	10,55519244	BTU/jam,ft <sup>2</sup> ,°F
Length	8	ft
Tube passes	2,0000	
Fouling factor	0,0176	
$\Delta P$ <i>shell</i>	3,24	psi
$\Delta P$ <i>tube</i>	2,6657	psi
<b>Harga</b>	<b>10043 USD</b>	

**Tabel V.55 Heat Exchanger E-531**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
--------------------	-------------------

Kode alat	E-531	
Fungsi	Sebagai Condenser D-520	
Jenis	STHE	
Jumlah	1	
Bahan konstruksi	Carbon steel SA 212 grade A	
Luas area	125	ft <sup>2</sup>
<b>Temperatur</b>		
T <sub>1</sub>	482	°F
T <sub>2</sub>	212	°F
t <sub>1</sub>	86	°F
t <sub>2</sub>	104	°F
<i>OD tube</i>	1,00	in
<i>ID shell</i>	13,25	in
<i>Jumlah Nt</i>	58	
Uc	66,09	BTU/jam,ft <sup>2</sup> ,°F
<i>Ud</i>	26,41338397	BTU/jam,ft <sup>2</sup> ,°F
Length	8	ft
Tube Passes	4,0000	
Fouling Factor	0,023	
$\Delta P$ Shell	0,17	psi
$\Delta P$ tube	8,9315	psi
<b>Harga</b>	<b>6593 USD</b>	

**Tabel V.56 Heat Exchanger E-371**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Kode alat	E-371
Fungsi	<i>Pendingin Al(OH)3 sebelum masuk ke F-370</i>

Jenis	DPHE	
Jumlah	1	
Bahan konstruksi	Carbon steel SA 212 grade A	
Luas area	34	ft <sup>2</sup>
<b>Temperatur</b>		
T <sub>1</sub>	482	°F
T <sub>2</sub>	95	°F
t <sub>1</sub>	77	°F
t <sub>2</sub>	104	°F
<i>Outer pipe</i>	0,20	ft
<i>Inner pipe</i>	0,17	ft
<i>Length</i>	12	ft
Jumlah <i>hairpin</i>	2,0000	
<i>Fouling factor</i>	0,072	
$\Delta P$ <i>annulus</i>	0,00	psi
$\Delta P$ <i>inner pipe</i>	0,0001	psi
<b>Harga</b>	<b>1987 USD</b>	

**Tabel V.57** *Heat Exchanger E-542*

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Kode alat	E-542	
Fungsi	Sebagai Pendingin produk polyolester	
Jenis	STHE	
Jumlah	1	
Bahan konstruksi	Carbon steel SA 212 grade A	
Luas area	125	ft <sup>2</sup>
<b>Temperatur</b>		
T <sub>1</sub>	636,8	°F

$T_2$	95	°F
$t_1$	77	°F
$t_2$	104	°F
<i>OD tube</i>	1,00	in
<i>ID shell</i>	13,25	in
<i>Jumlah Nt</i>	58	
$U_c$	38,42	BTU/jam,ft <sup>2</sup> ,°F
$U_d$	36,46104513	BTU/jam,ft <sup>2</sup> ,°F
Length	8	ft
Tube passes	4,0000	
Fouling factor	0,001	
$\Delta P_{shell}$	0,24	psi
$\Delta P_{tube}$	7,9762	psi
<b>Harga</b>	<b>1987 USD</b>	

**Tabel V.58 Heat Exchanger E-531**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Kode alat	E-531	
Fungsi	Sebagai Kondenser D-530	
Jenis	STHE	
Jumlah	1	
Bahan konstruksi	Carbon steel SA 212 grade A	
Luas area	138	ft <sup>2</sup>
<b>Temperatur</b>		
$T_1$	244,4	°F
$T_2$	240,8	°F
$t_1$	77	°F
$t_2$	104	°F

<i>OD tube</i>	1,00	in
<i>ID shell</i>	13,25	in
<i>Jumlah Nt</i>	66	
Uc	10,34	BTU/jam,ft <sup>2</sup> ,°F
Ud	10,36531033	BTU/jam,ft <sup>2</sup> ,°F
<i>Length</i>	8	ft
<i>Tube passes</i>	2,0000	
<i>Fouling factor</i>	0,000	
$\Delta P$ shell	2,74	psi
$\Delta P$ tube	1,0711	psi
<b>Harga</b>	<b>6953 USD</b>	

**Tabel V.59 Heat Exchanger E-534**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Kode alat	E-534	
Fungsi	Sebagai Reboiler D-530	
Jenis	STHE	
Jumlah	1	
Bahan konstruksi	Carbon steel SA 212 grade A	
Luas area	100	ft <sup>2</sup>
<b>Temperatur</b>		
T <sub>1</sub>	662	°F
T <sub>2</sub>	660,2	°F
t <sub>1</sub>	608	°F
t <sub>2</sub>	637	°F
<i>OD tube</i>	1,00	in
<i>ID shell</i>	10,00	in
<i>Jumlah Nt</i>	48	

$U_c$	27,81	BTU/jam,ft <sup>2</sup> ,°F
$U_d$	25,37602901	BTU/jam,ft <sup>2</sup> ,°F
<i>Length</i>	8	ft
<i>Tube passes</i>	4,0000	
<i>Fouling factor</i>	0,003	
$\Delta P_{shell}$	0,00	psi
$\Delta P_{tube}$	1,6848	psi
<b>Harga</b>	<b>4525 USD</b>	

**Tabel V.60** *Accumulator H-135*

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Kode	H-135	
Tipe	Distillate Accumulator	
Fungsi	Menampung aliran distillate dan memisahkan produk dan reflux	
Material	SA 283 Grade B Carbon Steel	
Pengelasan	Double-welded butt joint	
<b>Ukuran</b>		
ID	11,6	in
OD	12	in
Panjang shell (L <sub>s</sub> )	2,91	ft
Tebal shell (t <sub>s</sub> )	3/16	in
Tipe tutup	Torispherical Dish Head	
Tebal tutup (t <sub>h</sub> )	3/16	in
Jumlah	1	
<b>Harga</b>	<b>8388 USD</b>	

**Tabel V.61 Accumulator H-157**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Kode	H-157	
Tipe	Distillate Accumulator	
Fungsi	Menampung aliran distllate dan memisahkan produk dan reflux	
Material	SA 283 Grade B Carbon Steel	
Pengelasan	Double-welded butt joint	
<b>Ukuran</b>		
ID	19,6	in
OD	20	in
Panjang shell (Ls)	4,91	ft
Tebal shell (t <sub>s</sub> )	3/16	in
Tipe tutup	Torispherical Dish Head	
Tebal tutup (t <sub>h</sub> )	3/16	in
Jumlah	1	
<b>Harga</b>	<b>8388 USD</b>	

**Tabel V.62 Accumulator H-226**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Kode	H-226	
Tipe	Distillate Accumulator	
Fungsi	Menampung aliran distllate dan memisahkan produk dan reflux	
Material	SA 283 Grade B Carbon Steel	
Pengelasan	Double-welded butt joint	
<b>Ukuran</b>		
ID	25,5	in



OD	26	in
Panjang shell (L <sub>s</sub> )	6,37	ft
Tebal shell (t <sub>s</sub> )	5/16	in
Tipe tutup	Torispherical Dish Head	
Tebal tutup (t <sub>h</sub> )	3 3/16	in
Jumlah	1	
<b>Harga</b>	<b>8388 USD</b>	

**Tabel V.63 Accumulator H-532**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Kode	H-532	
Tipe	Distillate Accumulator	
Fungsi	Menampung aliran distillate dan memisahkan produk dan reflux	
Material	SA 283 Grade B Carbon Steel	
Pengelasan	Double-welded butt joint	
<b>Ukuran</b>		
ID	167,6	in
OD	168	in
Panjang shell (L <sub>s</sub> )	41,91	ft
Tebal shell (t <sub>s</sub> )	1 ¼	in
Tipe tutup	Torispherical Dished Head	
Tebal tutup (t <sub>h</sub> )	½	in
Jumlah	1	
<b>Harga</b>	<b>8,388 USD</b>	

**Tabel V.64** *Hydrogen Tank (F-610)*

Kode		F-610	
Fungsi	=	Menampung Hidrohgen	
Tipe	=	Spherical Tank	
Bahan	=	High Alloy Steel SA-240 Grade M	
Temperatur operasi	=	75,8	C
Tekanan operasi	=	145,0	psi
Kapasitas	=	382,5	m <sup>3</sup>
Diameter	=	184,3	in
Tebal silinder	=	3,5	in
Jumlah	=	1	unit
<b>Harga</b>		<b>79900 USD</b>	

**Tabel V.65** *Trietilaluminium tank (F-340)*

<b>Spesifikasi</b>	<b>Tangki Penampung Trietilaluminium</b>				
Kode	F-340				
Material	Carbon Steel SA - 240 Grade A				
Jumlah	1				unit
Tipe	Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk <i>elliptical dished head</i>				
OD	270,00	in	=	22,5	ft
ID	269,25	in	=	22,4375	ft
Tinggi	44,9688	ft			
Tebal	3/8	in			
Tebal tutup atas	3/8	in			
<b>Harga</b>	<b>155831 USD</b>				

**Tabel V.66 TMP tank (F-510)**

Spesifikasi	Tangki Penampung TMP				
Kode	F-510				
Material	Carbon Steel SA - 240 Grade A				
Jumlah	1	unit			
Tipe	Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk <i>elliptical dished head</i>				
OD	240,00	in	=	20	ft
ID	239,25	in	=	19,9375	ft
Tinggi	39,9688	ft			
Tebal	3/8	in			
Tebal tutup atas	3/8	in			
Harga	<b>172496 USD</b>				

**Tabel V.67 Oksigen Tank (F-620)**

Spesifikasi	Tangki Oksigen				
Kode	F-620				
Material	Carbon Steel SA - 212 Grade A				
Jumlah	1	unit			
Tipe	Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk <i>elliptical dished head</i>				
OD	589,96	in	=	49,1632	ft
ID	583,958	in	=	48,6632	ft
Tinggi	72,9948	ft			
Tebal	3	in			
Tebal tutup atas	3	in			

<b>Harga</b>	<b>720665 USD</b>
--------------	-------------------

**Tabel V.68** *Water & Light Ends Tank (F-190)*

<b>Spesifikasi</b>	<b>Tangki Penampung Water &amp; Light Ends</b>				
Kode	F-190				
Material	Carbon Steel SA - 240 Grade A				
Jumlah	1	unit			
Tipe	Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk <i>elliptical dished head</i>				
OD	240,00	in	=	20	ft
ID	239,375	in	=	19,9479	ft
Tinggi	39,974	ft			
Tebal	5/16	in			
Tebal tutup atas	5/16	in			
<b>Harga</b>	<b>172165 USD</b>				

**Tabel V.69** *Bottom product D-220 Tank (F-228)*

<b>Spesifikasi</b>	<b>Tangki Penampung Bottom Product D-220</b>				
Kode	F-228				
Material	Carbon Steel SA - 240 Grade A				
Jumlah	1	unit			
Tipe	Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk <i>elliptical dished head</i>				
OD	258,72	in	=	21,5602	f t
ID	248,723	in	=	20,7269	f t

Tinggi	42,9167	ft	
Tebal	5	in	
Tebal tutup atas	5	in	
Harga	<b>248425 USD</b>		

**Tabel V.70**  $Al(OH)_3$  Tank (F-350)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Tangki Al(OH)<sub>3</sub></b>				
Kode	F-350				
Material	Carbon Steel SA - 240 Grade A				
Jumlah	1	unit			
Tipe	Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk <i>elliptical dished head</i>				
OD	322,00	in	=	26,8333	ft
ID	321,25	in	=	26,7708	ft
Tinggi	53,6354	ft			
Tebal	3/8	in			
Tebal tutup atas	3/8	in			
<b>Harga</b>	<b>278996 USD</b>				

**Tabel V.71** *Octyloctanoate* Tank (F-440)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Tangki Penampung Octyloctanoate</b>				
Kode	F-440				
Material	Carbon Steel SA - 240 Grade A				
Jumlah	1	unit			
Tipe	Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk <i>elliptical dished head</i>				

OD	144,00	in	=	12	ft
ID	143,5	in	=	11,9583	ft
Tinggi	23,9792	ft			
Tebal	1/4	in			
Tebal tutup atas	4/16	in			
<b>Harga</b>	<b>199756 USD</b>				

**Tabel V.72 Polyolester Tank (F-540)**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Tangki Penampung Feed</b>				
Kode	F-540				
Material	Carbon Steel SA - 240 Grade A				
Jumlah	1	unit			
Tipe	Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk <i>elliptical dished head</i>				
OD	390,00	in	=	32,5	ft
ID	389	in	=	32,4167	ft
Tinggi	64,9583	ft			
Tebal	1/2	in			
Tebal tutup atas	1/2	in			
<b>Harga</b>	<b>463521 USD</b>				

**Tabel V.73 Ethylene Compressor (G-212)**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Kode	G-212
Type	Diaphragm Compressor
Fungsi	Menaikkan tekanan feed gas masuk ke dalam membran
Jumlah stage	3

Casing	Cast Steel					
Shaft	Carbon Steel (AISI-C1405)					
Impeller	Disc, Forging SAE 1040					
Diphargm	Uncooled, ASTM-A-48-C1 30					
Kondisi operasi	$P_{suction}$	1	bar	$T_{suction}$	600	°C
	$P_{discharge}$	32	bar	$T_{discharge}$	830	°C
Kapasitas (kg/jam)	1980,64					
r	2,837966824					
Efisiensi	0,75491					
Power (kW)	64,94351001					
<b>Harga</b>	<b>72177 USD</b>					

**Tabel V.74** *Hydrogen Compressor (G-213)*

Spesifikasi	Keterangan					
Kode	G-213					
Type	Diaphragm Compressor					
Fungsi	Menaikkan tekanan feed gas masuk ke dalam membran					
Jumlah stage	2					
Casing	Cast Steel					
Shaft	Carbon Steel (AISI-C1405)					
Impeller	Disc, Forging SAE 1040					
Diphargm	Uncooled, ASTM-A-48-C1 30					
Kondisi operasi	$P_{suction}$	8	bar	$T_{suction}$	25	°C
	$P_{discharge}$	50	bar	$T_{discharge}$	315	°C
Kapasitas (kg/jam)	0,05					
r	2,573254655					

Efisiensi	0,80542
Power (kW)	0,119922942
<b>Harga</b>	<b>17732 USD</b>

**Tabel V.75 Octanol Reactor Compressor (G-311)**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>					
Kode	G-311					
Type	Diaphragm Compressor					
Fungsi	Menaikkan tekanan feed gas masuk ke dalam membran					
Jumlah stage	1					
Casing	Cast Steel					
Shaft	Carbon Steel (AISI-C1405)					
Impeller	Disc, Forging SAE 1040					
Diphargm	Uncooled, ASTM-A-48-C1 30					
Kondisi operasi	$P_{suction}$	31	bar	$T_{suction}$	23	°C
	$P_{discharge}$	40	bar	$T_{discharge}$	47	°C
Kapasitas (kg/jam)	892,723					
r	1,290322581					
Efisiensi	0,75716					
Power (kW)	30,07599201					
<b>Harga</b>	<b>36420 USD</b>					

**Tabel V.76 Gasoil Product Compressor (G-141)**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Kode	G-141
Type	Piston Compressor



Fungsi	Menaikkan tekanan feed gas masuk ke dalam membran					
Jumlah stage	3					
Casing	Cast Steel					
Shaft	Carbon Steel (AISI-C1405)					
Impeller	Disc, Forging SAE 1040					
Diphargm	Uncooled, ASTM-A-48-C1 30					
Kondisi operasi	P <sub>suction</sub>	0	bar	T <sub>suction</sub>	163	°C
	P <sub>discharge</sub>	1,01	bar	T <sub>discharge</sub>	260	°C
Kapasitas (kg/jam)	305,016					
r	3,699926953					
Efisiensi	0,78607					
Power (kW)	12,71898581					
<b>Harga</b>	<b>17732 USD</b>					

**Tabel V.77** *Oksigen Compressor (G-621)*

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>					
Kode	G-621					
Type	Diaphragm Compressor					
Fungsi	Menaikkan tekanan feed gas masuk ke dalam membran					
Jumlah stage	1					
Casing	Cast Steel					
Shaft	Carbon Steel (AISI-C1405)					
Impeller	Disc, Forging SAE 1040					
Diphargm	Uncooled, ASTM-A-48-C1 30					
Kondisi operasi	P <sub>suction</sub>	22	bar	T <sub>suction</sub>	25	°C
	P <sub>discharge</sub>	40	bar	T <sub>discharge</sub>	100	°C

Kapasitas (kg/jam)	160
r	1,846722068
Efisiensi	0,77035
Power (kW)	331,8893195
<b>Harga</b>	<b>297798 USD</b>

**Tabel V.78 Oksigen Expander (G-622)**

<b>Fungsi</b>	Mengkondisikan oksigen sebelum masuk octanoic acid reactor		
<b>Type</b>	<i>Axial Compressor</i>		
<b>Kondisi operasi :</b>			
<i>T inlet</i>	=	315,00	°C
<i>T outlet</i>	=	120,00	°C
<i>Mass flow</i>	=	47,860	kg/jam
$\eta$	=	0,75	
<i>Mass enthalpy inlet</i>	=	276,80	kJ/kg
<i>Mass enthalpy outlet</i>	=	98,64	kJ/kg
<i>P inlet</i>	=	7,55	bar
<i>P outlet</i>	=	1,013	bar
<i>Ws</i>	=	-2,369	kW
<i>W actual</i>	=	-1,776	kW
Bahan	Carbon Steel		
<b>Harga</b>	<b>17732 USD</b>		

**Tabel V.79 D-130 Ejector (G-133)**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Meterial	Stainless Steel 316

Type	Two-Stage Jet	
Tekanan vakum	2,000	kPa
Tekanan steam	21,75	psig
Kebutuhan steam	4309,38719	kg/jam
Jumlah	1	buah
<b>Harga</b>	<b>3973 USD</b>	

**Tabel V.80 D-150 Ejector (G-155)**

Spesifikasi	Keterangan	
Meterial	Stainless Steel 316	
Type	Single-Stage Jet	
Tekanan vakum	1,000	kPa
Tekanan steam	21,75	psig
Kebutuhan steam	20148,67103	kg/jam
Jumlah	1	buah
<b>Harga</b>	<b>3973 USD</b>	

**Tabel V.81 Waste Gas Blower G-633**

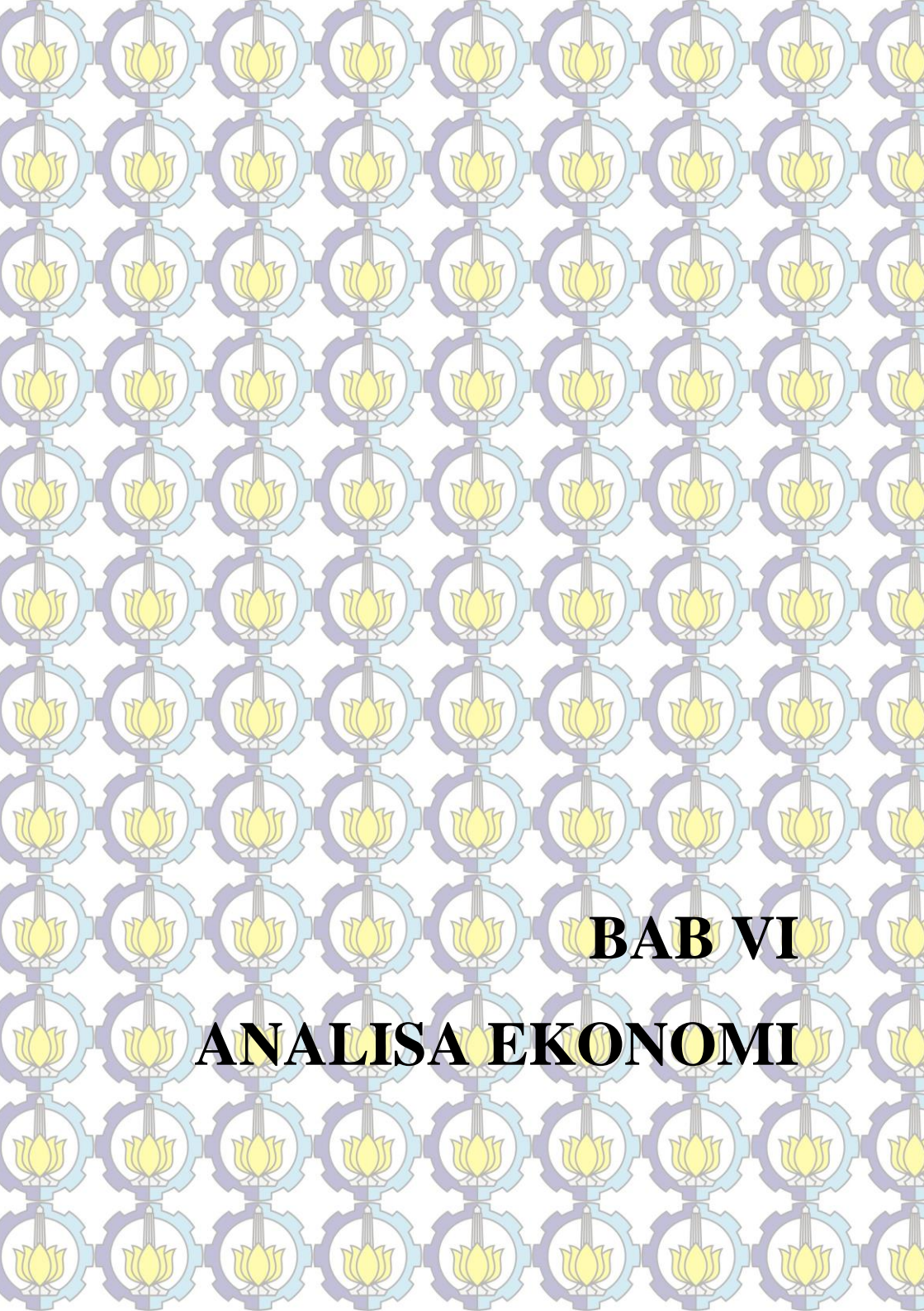
Spesifikasi	Keterangan	
Nama alat	Waste Gas Blower	
Fungsi	membuang udara waste gas adsorpsi oksigen	
Tipe	Centrifugal Blower	
kapasitas	2378	kg/jam
Power Motor	7,667265	Hp
Bahan kontruksi	<i>Carbon steel</i>	
Jumlah	1	buah

**Tabel V.82 Feed Gas Blower G-631**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Nama alat	Feed Blower	
Fungsi	Menyuplai udara ke molecular sieve adsorber	
Tipe	Centrifugal Blower	
Kapasitas	2900	kg/jam
Power Motor	9,3503231	hp
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel</i>	
Jumlah	1	buah

**Tabel V.83 Adsorber D-630**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Kode	D-630	
Fungsi	Memisahkan oksigen yang berasal dari udara	
Tipe	<i>Adsorber dengan Molecular Sieve</i>	
Kapasitas	3480	m <sup>3</sup> /jam
Bahan	<i>SA 212 Grade A</i>	
Jumlah	1	
<b>Spesifikasi</b>		
Adsorber diameter	36	in
Tinggi silinder	5,21	m
Tipe tutup	Torispherical	
Tebal tutup	0,188	in
Tebal silinder	0,188	in
Tinggi total	5,26	m
<b>Harga</b>	<b>464776 USD</b>	



**BAB VI**  
**ANALISA EKONOMI**

# **BAB VI**

## **ANALISIS EKONOMI**

Analisis ekonomi merupakan salah satu parameter apakah suatu pabrik tersebut layak didirikan atau tidak. Untuk menentukan kelayakan suatu pabrik secara ekonomi, diperlukan perhitungan parameter analisis ekonomi. Parameter kelayakan tersebut antara lain POT (*Pay Out Time*), IRR (*Internal Rate Return*), BEP (*Break Even Point*) dan Analisis kepekaan (sensitivitas).

### **VI.1 Pengelolaan Sumber Daya Manusia**

#### **VI.1.1 Bentuk Badan Perusahaan**

Bentuk badan perusahaan dalam Pabrik Pelumas Golongan V dari Pelumas Bekas ini dipilih Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas merupakan suatu persekutuan yang menjalankan perusahaan dengan modal usaha yang terbagi beberapa saham, dimana tiap sekutu (disebut juga persero) turut mengambil bagian sebanyak satu atau lebih saham. Hal ini dipilih karena beberapa pertimbangan sebagai berikut :

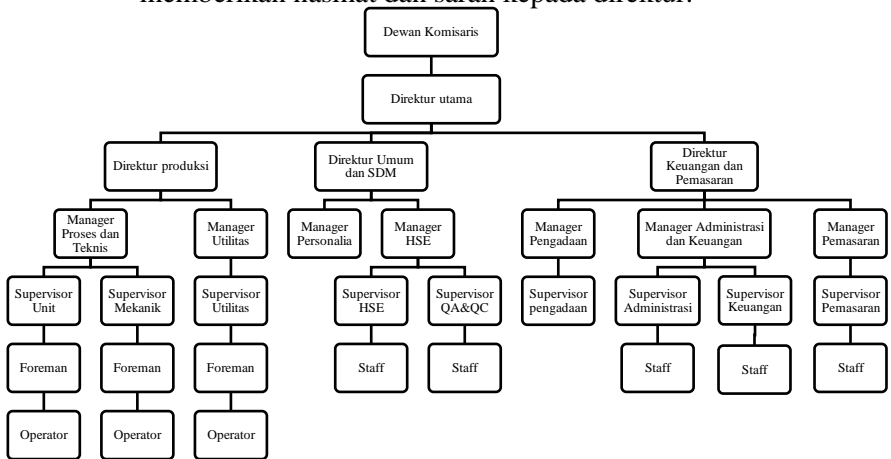
1. Modal perusahaan dapat lebih mudah diperoleh yaitu dari penjualan saham maupun dari pinjaman
2. Tanggung jawab pemegang saham terbatas, karena segala sesuatu yang menyangkut kelancaran produksi ditangani oleh pemimpin perusahaan.
3. Kekayaan pemegang saham terpisah dari kekayaan perusahaan, sehingga kekayaan pemegang saham tidak menentukan modal perusahaan.

#### **VI.1.2 Sistem organisasi perusahaan**

Struktur organisasi yang direncanakan dalam pra desain pabrik ini adalah garis dan staf, yang merupakan kombinasi dari pengawasan secara langsung dan spesialisasi pengaturan dalam perusahaan. Alasan pemakaian sistem ini adalah :

- Biasa digunakan untuk organisasi yang cukup besar dengan produksi yang terus menerus

- Terdapat kesatuan pimpinan dan perintah, sehingga disiplin kerja yang lebih baik
- Masing-masing manajer secara langsung bertanggung jawab atas aktivitas yang dilakukan untuk mencapai tujuan
- Pimpinan tertinggi dipegang oleh seorang direktur yang bertanggung jawab kepada dewan komisaris. Anggota dewan komisaris merupakan wakil-wakil dari pemegang saham dan dilengkapi dengan staf ahli yang bertugas memberikan nasihat dan saran kepada direktur.



**Gambar VI.1.1** Organigram Perusahaan

Pembagian kerja dalam organisasi ini adalah :

### 1. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris bertindak sebagai wakil dari pemegang saham. Komisaris diangkat menurut ketentuan yang ada dalam perjanjian dan dapat diberhentikan setiap waktu dalam RUPS apabila bertindak tidak sesuai dengan anggaran dasar atau kepentingan dari kalangan pemegang saham yang memiliki saham terbanyak dari perseroan tersebut.

➤ Tugas dewan komisaris :

- Mengawasi direktur dan berusaha agar tindakan direktur tidak merugikan perseroan

- Menetapkan kebijaksanaan perusahaan
- Mengadakan evaluasi/pengawasan tentang hasil yang diperoleh perusahaan
- Memberikan nasihat kepada direktur bila direktur ingin mengadakan perubahan dalam perusahaan

## 2. **Direktur Utama**

Direktur Utama adalah pemegang kepengurusan dalam perusahaan dan merupakan pimpinan tertinggi dan penanggung jawab utama dalam perusahaan secara keseluruhan.

➤ Tugas Direktur Utama :

- Menetapkan strategi perusahaan, merumuskan rencana-rencana dan cara melaksanakannya
- Menetapkan sistem organisasi yang dianut dan menetapkan pembagian kerja, tugas dan tanggung jawab dalam perusahaan untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan
- Mengadakan koordinasi yang tepat dari semua bagian
- Memberikan instruksi kepada bawahannya untuk mengadakan tugas masing-masing
- Mempertanggungjawabkan kepada komisaris, segala pelaksanaan dari anggaran belanja dan pendapatan perusahaan
- Menentukan kebijakan keuangan

## 3. **Direktur Keuangan dan Pemasaran**

Direktur Keuangan dan Pemasaran yang bertugas membantu direktur dalam pelaksanaan tugasnya yang berhubungan dengan hal keuangan, pembukuan perusahaan, dan pemasaran. Dalam hal ini Direktur Keuangan dan Pemasaran dibantu oleh Manajer Pengadaan, Manajer Keuangan dan Administrasi, dan Manajer Pemasaran yang masing-masing membawahi supervisor dan staf di bagian masing-masing.

➤ Tugas Direktur Keuangan dan Pemasaran :



- Membantu direktur dalam perencanaan maupun dalam penelaah kebijaksanaan pokok bidang keuangan, pembukuan perusahaan, dan pemasaran.
- Menentukan kebijakan keuangan pabrik agar dapat memperoleh keuntungan maksimal
- Menentukan kebijakan pemasaran agar dapat memperoleh hasil maksimal
- Mengadakan koordinasi yang tepat dari bagian keuangan dan pemasaran
- Memberikan instruksi kepada bawahannya untuk mengadakan tugas masing-masing
- Bertanggung jawab langsung kepada Direktur Utama
- Tugas Manajer Pengadaan :
  - Memberikan saran ahli pada semua pembelian
  - Negosiasi pembelian dalam jumlah besar
  - Bertanggung jawab langsung kepada Direktur Keuangan dan Pemasaran
- Tugas Manajer Keuangan dan Administrasi :
  - Bagian keuangan bertugas atas keuangan dan transaksi perusahaan
  - Bagian pembukuan bertugas atas pemeliharaan administrasi keuangan, penghitungan pajak dan pembukuan perusahaan
  - Bertanggung jawab langsung kepada Direktur Keuangan dan Pemasaran
- Tugas Manajer Pemasaran :
  - Bagian ini bertugas mengusahakan agar hasil-hasil produksi dapat disalurkan dan didistribusikan secara tepat agar harga jual terjangkau dan mendapat keuntungan optimum
  - Mengumpulkan fakta-fakta kemudian menggolongkannya dan mengevaluasinya
  - Mengkoordinasikan dengan staf bagian pemasaran
  - Bagian ini meliputi pemasaran dan iklan

- Bertanggung jawab langsung kepada Direktur Keuangan dan Pemasaran

#### **4. Direktur SDM dan Umum**

Direktur SDM dan Umum yang bertugas membantu Direktur Utama dalam pelaksanaan tugasnya yang berhubungan dengan SDM dan umum. Dalam hal ini Direktur SDM dan Umum dibantu oleh Manajer Personalia dan HSE yang membawahi supervisor dan staf di bagian masing-masing.

##### ➤ Tugas Direktur SDM dan Umum :

- Membantu direktur dalam perencanaan maupun dalam penelaahan kebijaksanaan pokok dalam bidang kepegawaian, fasilitas bagi karyawan, peningkatan mutu karyawan, pelayanan terhadap masyarakat maupun karyawan serta keamanan pabrik
- Mengadakan koordinasi yang tepat dari bagian personalia dan umum
- Memberikan instruksi kepada bawahannya untuk mengadakan tugas masing-masing
- Bertanggung jawab langsung kepada Direktur Utama

##### ➤ Tugas Manajer Personalia :

- Bagian ini bertugas bidang kepegawaian, fasilitas bagi karyawan, peningkatan mutu karyawan, pelayanan terhadap masyarakat maupun karyawan serta keamanan pabrik
- Bertugas untuk memberikan bantuan kepada direktur dalam masalah-masalah kepegawaian, antara lain : penerimaan, pemilihan, pemberhentian tenaga kerja dan masalah upah.
- Bertanggung jawab langsung kepada Direktur SDM dan Umum

##### ➤ Tugas Manajer HSE :

- Bertugas untuk memberikan bantuan kepada direktur dalam masalah-masalah keselamatan kerja, antara lain : menerapkan dan mempromosikan program HSE, melakukan inspeksi situs keamanan rutin dan tindak

lanjut, melakukan dan menyajikan temuan keselamatan bulanan.

- Bertanggung jawab langsung kepada Direktur SDM dan Umum

## **5. Direktur Produksi dan Teknis**

Direktur Produk dan Teknis yang bertugas membantu direktur dalam pelaksanaan tugasnya, baik yang berhubungan dengan operasi pabrik dalam hal produksi, konstruksi pabrik, kualitas dari bahan baku dan produk yang dihasilkan, operasi peralatan, maintenance peralatan, plant technical, maupun pengadaan logistik untuk operasi pabrik. Dalam hal ini Direktur Produksi dan Teknis dibantu oleh Manajer Proses dan Teknis, serta Manajer Utilitas yang masing-masing membawahi supervisor dan staf di bagian masing-masing.

➤ Tugas Direktur Produksi dan Teknis :

- Membantu direktur dalam perencanaan maupun dalam penelaahan kebijaksanaan pokok bidang operasi pabrik dalam hal produksi, konstruksi pabrik, kualitas dari bahan baku dan produk yang dihasilkan, operasi peralatan, maintenance peralatan, plant technical, maupun pengadaan logistik untuk operasi pabrik.
  - Menentukan kebijakan operasi pabrik agar dapat memperoleh hasil maksimal.
  - Mengadakan koordinasi yang tepat dari bagian produksi
  - Menentukan kebijakan engineering pabrik agar dapat beroperasi secara maksimal
  - Mengadakan koordinasi yang tepat dari bagian engineering
  - Memberikan instruksi kepada bawahannya untuk mengadakan tugas masing-masing
  - Bertanggung jawab langsung kepada Direktur Utama
- Tugas Manajer Produksi dan Teknis :
- Bagian produksi dan teknis bertugas mengusahakan agar barang-barang produksi dengan teknik yang memudahkan karyawan sehingga diperoleh produk

dengan biaya rendah, kualitas tinggi dan harga yang bersaing yang diinginkan dalam waktu yang sesingkat mungkin, serta mengendalikan jalannya proses produksi pabrik dapat beroperasi dengan maksimal.

- Mengumpulkan fakta-fakta kemudian menggolongkannya dan mengevaluasinya
  - Mengkoordinasikan dengan staf bagian produksi dan teknis yang terdiri dari supervisor, foreman, dan operator yang bekerja langsung di lapangan
  - Bertanggung jawab langsung kepada Direktur Produksi dan Teknis
- Tugas Manajer Utilitas :
- Bagian utilitas bertugas memonitor/memeriksa peralatan utilitas dan menghitung pemakaian utilitas
  - Bertanggung jawab langsung kepada Direktur Produksi dan Teknis

## **6. Supervisor**

- Tugas Supervisor :
- Memastikan semua pekerjaan dilaksanakan dengan baik sehingga semua proses produksi berjalan lancar seperti monitoring produksi, pengawasan anak buah, melakukan instruksi kerja.
  - Mengontrol dan mengevaluasi kinerja bawahan
  - Membuat rencana jangka pendek untuk tugas yang telah ditetapkan oleh atasannya
  - Bertanggung jawab langsung kepada manajer

## **7. Foreman**

- Tugas Foreman :
- Melakukan briefing terhadap operator tiap awal shift
  - Mencari solusi setiap permasalahan yang terjadi di lapangan setiap shiftnya dan melaporkan kepada Supervisor
  - Foreman bertanggung jawab terhadap Supervisor

### VI.1.3 Perincian Jumlah Tenaga Kerja

Jumlah karyawan yang dibutuhkan untuk produksi ethylene diuraikan sebagai berikut :

**Tabel VI.1.1** Perincian Jumlah Tenaga Kerja

No	Jabatan	Jumlah Karyawan	
1	Dewan Komisaris	3	
2	Direktur Utama	1	
3	Direktur Pemasaran	1	
4	Direktur Produksi	1	
5	Direktur Keuangan	1	
6	Direktur SDM	1	
7	Sekretaris	4	
8	<i>Superintendent</i>		
	a.	Proses	1
	b.	Quality Control	1
9	Kepala Bagian		
	a.	Promosi	1
	b.	Marketing	1
	c.	Pembukuan & Dana	1
	d.	Kepegawaian	1
10	Dokter	1	
11	Perawat	2	
12	<i>Supervisor</i>		
	a.	Proses	4
	b.	Quality Control	4

13	Karyawan		
	a.	Lulusan S-1	15
	b.	Lulusan D-3	62
	c.	Lulusan SMA	28
14	Sopir		8
15	Karyawan Tidak Tetap		10
Jumlah			152

Pabrik Pelumas Golongan V dari Pelumas Bekasi ini menggunakan basis 330 hari kerja per tahun dengan waktu 24 jam kerja per hari. Dengan pekerjaan yang membutuhkan pengawasan terus menerus selama 24 jam, maka dilakukan sistem shift karyawan. Shift direncanakan dilakukan tiga kali per hari setiap 8 jam. Distribusi kerja karyawan diatur sebagai berikut.

Shift I : 07.00 – 15.00

Shift II : 15.00 – 23.00

Shift III : 23.00 – 07.00

Penggantuan shift dilakukan sesuai aturan Internation Labour Organization yaitu sistem metropolitan rota atau biasa disebut 2-2-2 (dalam 1 minggu dilakukan 2 hari shift malam, 2 hari shift pagi, 2 hari shift siang, 1 hari libur), sehingga untuk 3 shift dibutuhkan 4 regu dengan 1 regu libur. Sistem ini dapat ditabelkan sebagai berikut :

**Tabel VI.1.2** Pengaturan Shift Perusahaan

<b>Hari Shift</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>I</b>	A	D	C	B	A	D	C
<b>II</b>	B	A	D	C	B	A	D
<b>III</b>	C	B	A	D	C	B	A
<b>Libur</b>	D	C	B	A	D	C	B

Untuk pekerja non-shift pembagian jam kerja dilakukan sebagai berikut :

Senin – Kamis : 08.00 – 16.00

Istirahat : 12.00 – 13.00

Jumat : 08.00 – 16.30

Istirahat : 11.30 – 13.00

## **VI.2 Utilitas**

Utilitas merupakan sarana penunjang suatu industri, karena utilitas merupakan penunjang proses utama dan memegang peranan penting dalam pelaksanaan operasi dan proses. Sarana utilitas pada Pabrik Pelumas Golongan V dari Pelumas Bekas ini meliputi :

1. Air  
Berfungsi sebagai sanitasi, air pendingin, dan air untuk feed boiler
2. *Steam*  
Digunakan untuk keperluan proses dan penukar panas
3. Listrik  
Berfungsi sebagai tenaga penggerak dari peralatan proses maupun penerangan
4. Bahan bakar  
Berfungsi untuk bahan bakar untuk boiler, generator dan furnace

Maka untuk memenuhi kebutuhan utilitas pabrik di atas, diperlukan unit-unit sebagai penghasil sarana utilitas, yaitu :

### **VI.2.1 Unit Pengolahan Air**

Kebutuhan air untuk pabrik diambil dari air laut, dimana sebelum digunakan air laut perlu diolah terlebih dahulu, agar tidak mengandung zat-zat pengotor, dan zat-zat lainnya yang tidak layak untuk kelancaran operasi. Air pada Pabrik Pelumas Golongan V dari Pelumas Bekas ini digunakan untuk kepentingan :

1. Air sanitasi, meliputi air untuk laboratorium dan karyawan  
Air sanitasi digunakan untuk keperluan para karyawan di lingkungan pabrik. Penggunaannya antara lain untuk konsumsi, mencuci, mandi, memasak, laboratorium, perkantoran, dan lain-lain. Adapun syarat air sanitasi, meliputi :
  - a. Syarat fisik :
    - Suhu di bawah suhu udara
    - Warna jernih
    - Tidak berasa
    - Tidak berbau
    - Kekeruhan  $\text{SiO}_2$  tidak lebih dari 1 mg/L
  - b. Syarat kimia :
    - pH = 6,5 – 8,5
    - Tidak mengandung zat terlarut yang berupa zat organik dan anorganik seperti  $\text{PO}_4$ , Hg, Cu, dan sebagainya
  - c. Syarat bakteriologi
    - Tidak mengandung kuman atau bakteri, terutama bakteri patogen
    - Bakteri E.Coli kurang dari 1/100 ml
2. Air Proses, meliputi : air pendingin dan air umpan boiler  
Pada unit pengolahan air ini, peralatan yang digunakan meliputi : pompa air boiler, bak pendingin, kation-anion exchanger.

### **VI.2.2 Unit Penyediaan Steam**

Steam yang dibutuhkan untuk proses dihasilkan dari boiler. Kebutuhan steam digunakan sebagai penukar panas dan untuk keperluan proses. Peralatan yang dibutuhkan untuk pembangkit steam yaitu boiler.

### **VI.2.3 Unit Pembangkit Tenaga Listrik**

Kebutuhan listrik yang diperlukan untuk Pabrik Pelumas Golongan V dari Pelumas Bekas ini diambil dari generator sebagai



penghasil tenaga listrik, dengan distribusi sebagai berikut

1. Untuk proses produksi
2. Untuk penerangan pabrik dan kantor

#### **VI.2.4 Unit Pendingin**

Unit pendingin bertugas untuk memenuhi kebutuhan air ditinjau dari segi panas. Penggunaan air pendingin pada alat perpindahan panas dikarenakan faktor berikut :

1. Air dapat menyerap jumlah panas yang tinggi per satuan volume
2. Air merupakan materi yang mudah didapat dan relatif murah
3. Tidak mudah mengembang atau menyusut dengan adanya perubahan suhu
4. Mudah dikendalikan dan dikerjakan
5. Tidak mudah terdekomposisi

Syarat air pendingin adalah tidak boleh mengandung :

1. Hardness : yang memberikan efek pada pembentukan kerak
2. Zat-zat organik : penyebab slime
3. Silika : penyebab kerak

Pada air pendingin, ditambahkan zat kimia yang bersifat menghilangkan dan mencegah kerak, zat organik, dan korosi.

### **VI.3 Analisa Ekonomi**

#### **VI.3.1 Asumsi Perhitungan**

Dalam melakukan analisa keuangan Pabrik Pelumas Golongan V dari Pelumas Bekas, digunakan beberapa asumsi, antara lain sebagai berikut :

- Modal kerja sebesar 6 bulan biaya pengeluaran, yaitu biaya bahan baku ditambah dengan biaya operasi;
- Eskalasi harga bahan baku sebesar nilai inflasi 5 % setiap tahun;

- Eskalasi biaya operasi yang meliputi biaya bahan tambahan, biaya utilitas dan biaya tetap sebesar nilai inflasi 5 % setiap tahun;
- Sumber dana investasi berasal dari modal sendiri sebesar 40 % biaya investasi dan pinjaman jangka pendek sebesar 60 % biaya investasi dengan bunga sebesar 10,5 % per tahun yang akan dibayar dalam jangka waktu 120 bulan (10 tahun);
- Penyusutan investasi alat & bangunan terjadi dalam waktu 10 tahun secara *straight line*.

### **VI.3.2 Analisa Keuangan**

Analisa keuangan yang digunakan pada Pabrik Pelumas Golongan V dari Pelumas Bekas ini adalah dengan menggunakan metode *discounted cash flow*. Analisa keuangan untuk Pabrik Pelumas Golongan V dari Pelumas Bekas terdiri dari perhitungan biaya produksi dan aliran kas / kinerja keuangan.

### **VI.3.3 Analisa Laju Pengembalian Modal (*Internal Rate of Return / IRR*)**

Dari hasil perhitungan pada Appendix D, didapatkan harga  $i = 39,35\%$ . Harga  $i$  yang diperoleh lebih besar dari harga  $i$  untuk bunga pinjaman yaitu 10,5% per tahun. Dengan harga  $i = 56,69\%$  yang didapatkan dari perhitungan menunjukkan bahwa pabrik ini layak didirikan dengan kondisi tingkat bunga pinjaman 10,5% per tahun.

### **VI.3.4 Analisa Waktu Pengembalian Modal (*Payout Time / POT*)**

Dari perhitungan yang dilakukan pada Appendix D didapatkan bahwa waktu pengembalian modal minimum adalah 2,78 tahun dengan perkiraan usia pabrik 10 tahun. Hal ini menunjukkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan karena POT yang didapatkan lebih kecil dari perkiraan usia pabrik.

### **VI.3.5 Analisa Titik Impas (*Break Even Point / BEP*)**

Analisa titik impas digunakan untuk mengetahui besarnya kapasitas produksi dimana biaya produksi total sama

dengan hasil penjualan. Biaya tetap (FC), Biaya variabel (VC) dan Biaya semi variabel (SVC) , untuk biaya tetap tidak dipengaruhi oleh kapasitas produksi. Dari perhitungan yang dilakukan pada Appendiks D didapatkan bahwa Titik Impas (BEP) = 25,14%.

Ringkasan analisa ekonomi dari Pabrik Pelumas Golongan V dari Pelumas Bekas dapat dilihat pada **Tabel VI.3.1:**

**Tabel VI.3.1** Ringkasan Analisa Ekonomi Pabrik

No	Keterangan	Unit	Jumlah
1	Total Investment Cost	Rp	804.840.630.897,72
2	Suku Bunga	Per thn	10,5%
3	IRR	%	39,35%
4	POT	Tahun	2,78
5	BEP	%	25,14
6	Harga Minyak Pelumas Bekas	Rp/kg	11.728.411.200
7	Harga ZSM-5	Rp/kg	2.427.644.100
8	Harga NiO	Rp/kg	78.750.000
9	Harga TMP	Rp/kg	3.909.600.000
10	Harga Trietilaluminium	Rp/kg	142.560.000.000
11	Ni-Mo	Rp/kg	21.310.378
12	Hydrogen 99%	Rp/kg	49.896.000
13	Harga Produk Lube Base Oil	Rp/kg	1.324.857.600.000,00
14	Harga Produk Octyl Octanoate	Rp/kg	1.782.000.000,00
15	Harga Produk Al(OH)3	Rp/kg	9.900.000.000,00
16	Harga Produk Aspalt Flux	Rp/kg	14.683.680.000,00
17	Umur Pabrik	Tahun	10
18	Periode Konstruksi	Tahun	2
19	Waktu Operasi	Hari/tahun	330



# **BAB VII**

# **KESIMPULAN**

## **BAB VII**

### **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil – hasil yang telah diuraikan pada bab – bab sebelumnya, dapat dievaluasi bahwa :

1. Perencanaan operasi : kontinyu, 24 jam/hari, 330 hari/tahun
2. Kapasitas bahan baku : 20.576.160 kg/tahun
3. Kapasitas produksi : 11.048.480 kg/tahun
4. Umur pabrik : 10 tahun
5. Masa konstruksi : 2 tahun
6. Analisa ekonomi :
  - Total Capital Investment = Rp 804,840,630,897.72
  - Internal Rate of Return = 39,35%
  - Pay Out Time = 2,78 tahun
  - Break Event Point = 25,14 %

Berdasarkan peninjauan secara teknis dan ekonomis, nilai IRR lebih besar dari bunga bank yaitu sebesar 10,5% dengan POT pada tahun keempat menginjak tahun kelima. Maka dari itu, dapat disimpulkan bahwa pabrik pengolahan minyak pelumas bekas menjadi minyak pelumas dasar golongan V ini layak untuk didirikan.



**DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdul, Halim a., Karim Abdul Mun.m A., dan Haider A. Areff. 2008. *Effect of Operating Conditions on Hydrodesulfurization of Vacuum Gas Oil*. Iraqi Journal of Chemical and Petroleum Engineering Vol.9 No.2 (June 2008) 57-67
- Backhurst, J. R. dan J. H. Harker. 1973. *Process Plant Design*. London: Heinmann Educational Books Ltd.
- Badan Pusat Statistik. *Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis 1949-2016*. Diakses pada tanggal 24 November 2018 dari <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133>.
- Brownell, Lloyd E.1979. *Equipment Design*. New Delhi : Wiley Eastern Ltd.
- Coker, A.Kayode. 2007. *Ludwig's Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*. Houston : Gulf Professional Publishing.
- Etal, N.L. Carr. *Multi-Stage Hydrodesulfurization Process*.US Patent 3,349,027, October 24, 1967.
- Geankoplis, Christie J. 2003. *Transport Process and Unit Operations 4<sup>th</sup> Edition*. New Jersey : Prentice-Hall, Inc.
- Himmelblau, David M. 1989. *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering*.Texas : Prentice-Hall International, Inc.
- Hydrocarbon Processing. 2011. *2011 Refining Handbook*. Houston: HydrocarbonProcessing.
- Kayode,A. 2015. *Ludwig's Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*. USA : Elsevier, Inc.

- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2016). *Data Realisasi 2016*. Diakses tanggal 1 November 2017 dari <https://esdm.go.id/>
- Kern, D.Q. 1950. *Process Heat Transfer*. Tokyo : McGraw-Hill, Inc.
- Kusnarjo. 2010. *Desain Bejana Bertekanan*. Surabaya : itspress.
- Kusnarjo.2010. *Desain Alat Penukar Panas*. Surabaya : itspress.
- Kusnarjo. 2010. *Ekonomi Teknik*. Surabaya : itspress.
- Manning, Francis S. 1994. *Oilfield Processing Petroleum Volume Two:Crude Oil*. Oklahama : PennWell Books.
- Matche, Administrator. *Equipment Cost*. Diakses pada tanggal 3 Januari 2019 dari <http://matche.com/>.
- McCabe, Warren L., Julian C. Smith, dan Peter Harriot. 1993. *Unit Operations of Chemical Engineering Fifth Edition*. Singapore: McGraw-Hill, Inc.
- Oguchi, Yukata dan Junichi Kubo. *Hydrodesulfurization of Heavy Petroleum Hydrocarbon Oil in a Fluidized Reactor Zone*. US Patent 3,639,230, Februari 1, 1972
- Pana Oil.. *Asal Bahan Dasar Pelumas*. Diakses tanggal 17 Oktober 2018 dari <https://panaoil.id/1102015/>.
- Perry, Robert H. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 7<sup>th</sup> Edition*. New York : Mc.Graw-Hill, Inc.
- Richardson's & Coulson. 2000. *Chemical Engineering Design*. Great Britain : Butterworth Heinemann.
- Seborg, Dale E., Thomas E. Edgar, Duncan A. Mellichamp, dan Francis J. Doyle III. 2011.



- Process Dynamic and Control 3<sup>rd</sup> Edition*. USA : John Wiley & Sons, Inc.
- Seider, Warren D., J.D. Seader, dan Daniel R. Lewin. 2003. *Products and Process Design*. USA: John Wiley and Sons, Inc.
- Sequeira, Aviliano, Jr. 1994. *Lubricant Base Oil and Wax Processing*. New York : Marcel Dekker, Inc.
- Satterfield, Charles N. *Trickle Bed Reactor*. AIChE Journal, vol. 21, no. 2 (Maret 1975) pp. 209-228
- Silla, Harry. 2003. *Chemical Process Engineering Design and Economics*. New York : Marcell Dekker, Inc.
- Sinnot, R.K.. 2005. *Chemical Engineering Design*. Oxford : Elsevier's Science and Technology .
- Speight, James G., dan Exal, Douglas I. 2014. *Refining Used Lubricating Oils*. Boca Raton : CRC Press.
- Smith, Robin. 2001. *Chemical Process Design and Integration*. USA : John Wiley & Sons Inc.
- STP, Administrator. -. *Used Lube Oil Re-refining*. Presentation of STP, Rome, Italy : Studi Technologie Progetti Sri.
- TimmerHause, Klaus D., dan Max S. Peters. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineering 4<sup>th</sup> edition*.
- Ulrich, Gael D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. USA : John Wiley and Sons, Inc.
- VanNess, Smith. 2001. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*. Singapore : Mc.Graw-Hill.