PRA RANCANGAN PABRIK
METIL AKRILAT DARI ASAM AKRILAT DAN METANOL DENGAN KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia

Oleh :

Nama	**: Yudi Abdullah Rafik**	**Nama**	**: Naufaldi Hanif**
No. Mhs	**: 12 521 185**	**No. Mhs**	**: 12 521 201**

KONSENTRASI TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2016

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL PRA RANCANGAN PABRIK *METIL AKRILAT* DARI *ASAM AKRILAT* DAN *METANOL DENGAN* KAPASITAS 40.000 TON/ TAHUN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	**: Yudi Abdullah Rafik**	**Nama**	**: Naufaldi Hanif**
No. Mhs	**: 12 521 185**	**No. Mhs**	**: 12 521 201**

Yogyakarta, 18 Mei 2016

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

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

Yudi Abdullah Rafik

Naufaldi Hanif

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK METIL AKRILAT DARI ASAM AKRILAT DAN METANOL DENGAN KAPASITAS 40.000 TON / TAHUN

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia

Oleh :

Nama : Yudi Abdullah Rafik
No. Mhs : 12521185
Nama : Naufaldi Hanif
No. Mhs : 12521201

Yogyakarta, Juni 2016

Pembimbing I,	Pembimbing II,
Ir. Bachrun Sutrisno, M.Sc	**Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc**

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK METIL AKRILAT DARI ASAM AKRILAT DAN METANOL DENGAN KAPASITAS 40.000 TON/ TAHUN

TUGAS AKHIR

Oleh :
Yudi Abdullah Rafik (12521185)
Naufaldi Hanif (12521201)

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

Yogyakarta, 19 Juli 2016

Tim Penguji,

Bachrun Sutrisno, Ir., M.Sc. _____
Ketua

Tintin Mutiara, ST., M.Eng. _____
Anggota I

Diana, ST., M.Sc. _____
Anggota II

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

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

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

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

Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik yang berjudul **"PRA RANCANGAN PABRIK METIL AKRILAT DARI ASAM AKRILAT DAN METANOL DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 40.000 TON/TAHUN"**, disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah didapat selama dibangku kuliah, dan merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

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

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan Hidayah dan Inayahnya.
2. Bapak Ir. Drs. Faisal RM, M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Bachrun Sutrisno, M.Sc dan Bapak Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini.

4. Kepada kedua orang tua kami , yang telah membesarkan dan merawat saya hingga sebesar ini.
5. Teman – teman saya selama Kuliah di teknik kimia Rizqia Putri Zakka dan Intan Elvina yang telah membantu kami dalam memahami pelajaran di kampus
6. Teman – teman Teknik Kimia 2012, yang selalu memberikan dukungan, semangat, serta doa.
7. Seluruh civitas akademika di lingkungan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
8. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu, dalam membantu penyusunan Tugas Akhir ini dengan tulus dan ikhlas.

Kami menyadari bahwa didalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kekurangan, untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran untuk kesempurnaan laporan ini. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak. Amin.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, 2 Juni 2016

Penyusun

HALAMAN PERSEMBAHAN



Karya ini saya persembahkan kepada :

Papa dan Mama, *yang telah memberikan dukungan moril maupun materi serta kasih sayang yang tiada henti. Terimakasih atas semangat serta doa yang sangat membantu untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Besar harapanku untuk menjadi anak yang berbakti dan membanggakan kalian.*

Untuk adiku, ***Muhammad Afuza Rayhan*** *dan* ***Azka Fayza*** *terima kasih untuk motivasi, doa, semangat, canda tawa kalian.*

Partner setiaku ***Yudi Abdullah Rafik****, terima kasih telah menjadi partner ku selama kuliah, maaf jika ada ucapan dan tingkah ku yang menyakiti mu.*

Teknik Kimia 2012 *yang tidak dapat disebutkan satu per satu, terimakasih atas semua memori yang akan selalu terkenang.*

(Naufaldi Hanif)

HALAMAN PERSEMBAHAN



Karya ini saya persembahkan kepada :

Papa dan Mama, *walaupun kalian tidak sempat melihat kesuksesan dan tidak dapat menemani hingga sekarang ini, terimakasih atas kasih sayang kalian yang pernah kurasakan yang selalu terasa hangat hingga detik ini. Besar harapanku agar dapat menjadi anak yang membanggakan kalian dari jauh sini.*

Untuk kedua kakakku, ***Aguslan Hadi*** *dan* ***Rina Mariyani*** *terima kasih untuk dukungan moril dan materi serta motivasi, doa, semangat, canda tawa kalian.*

Partner setiaku ***Naufaldi Hanif****, terima kasih telah menjadi partner ku selama kuliah, maaf jika ada ucapan dan tingkah ku yang menyakiti mu.*

Teknik Kimia 2012 *yang tidak dapat disebutkan satu per satu, terimakasih atas semua memori yang akan selalu terkenang.*

(Yudi Abdullah Rafik)

LEMBAR MOTTO

"Education is the most powerful weapon which you can use to change the wold"

~ Nelson Mandela ~

"Dan katakanlah (wahai Nabi Muhammad) tambahkanlah ilmu kepadaku"

~ Q.S. Thaaha : 144 ~

"Mencari ilmu itu adalah wajib bagi setiap muslim laki-laki maupun muslim perempuan"

~ HR. Ibnu Abdil Barr ~

"Never stop learning because life never stop teaching"

~ Anonym ~

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

~ Nabi Muhammad SAW ~

"Work hard in silence, let success make the noise"

~ Anonym ~

DAFTAR ISI

Lembar judul tugas akhir pra rancangan pabrik i

Lembar pernyataan keaslian pra rancangan pabrik ii

Lembar pengesahan dosen pembimbing iii

Lembar pengesahan penguji iv

Kata pengantar v

Lembar persembahan vii

Lembar motto ix

Daftar isi x

Daftar tabel xiii

Daftar gambar xv

Abstrak xvi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Tinjauan Pustaka 2

1.2.1 Jenis-Jenis Proses 2

1.2.2 Pemilihan Proses 5

1.2.3 Pemilihan Kapasitas 14

BAB II PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk 17

2.2 Spesifikasi Bahan Baku 17

2.3 Spesifikasi Bahan Penunjang 19

2.4 Pengendalian Kualitas 19

2.4.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku 19

2.4.2 Pengendalian Proses Produksi..... 20

BAB III PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses 22

3.2 Spesifikasi Alat Proses 24

3.3 Perencanaan Produksi 59

3.3.1 Analisa Kebutuhan Bahan Baku 59

3.3.2 Analisa Kebutuhan Peralatan Proses 60

BAB IV PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik 61

4.2 Tata Letak Pabrik 63

4.3 Tata Letak Alat Proses 65

4.4 Alir Proses dan Material 69

4.4.1 Neraca Massa 69

4.4.2 Neraca Panas 71

4.4.3 Diagram Alir Kualitatif 75

4.4.4 Diagram Alir Kuantitatif 76

4.5 Perawatan (*Maintenance*) 77

4.6 Pelayanan Teknik (*Utilitas*) 78

4.6.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*) 79

4.6.2 Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*) 88

4.6.3 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*) 89
4.6.4 Pengolahan *Boiler* (BLU-01)..... 90
4.6.5 Unit Penyediaan Udara Tekan 91
4.6.6 Unit Penyediaan Bahan Bakar 91
4.7 Struktur Organisasi 93
4.7.1 Bentuk Perusahaan 93
4.7.2 Bentuk Organisasi 93
4.7.3 Tugas dan Wewenang 96
4.7.4 Catatan 97
4.8 Evaluasi Ekonomi 100
4.8.1 Penaksiran Harga Peralatan 102
4.8.2 Dasar Perhitungan 105
4.8.3 Perhitungan Biaya 105
4.8.4 Analisa Kelayakan 108
4.8.5 Hasil Perhitungan 112
4.8.6 Analisa Keuntungan 117
4.8.7 Analisa Kelayakan Ekonomi 117
BAB V PENUTUP
5.1 Kesimpulan 120
5.2 Saran 121
DAFTAR PUSTAKA 122
LAMPIRAN..... 124

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Perbandingan berdasarkan proses pembuatan metil akrilat 5

Tabel 1.2 Harga bahan baku dan produk 6

Tabel 1.3 Nilai $\Delta G°_f$ masing-masing komponen 11

Tabel 1.4 Nilai $\Delta G°_f$ masing-masing komponen 11

Tabel 1.5 Nilai $\Delta G°_f$ masing-masing komponen 12

Tabel 1.6 Nilai $\Delta G°_f$ masing-masing komponen 12

Tabel 1.7 Nilai $\Delta G°_f$ masing-masing komponen 13

Tabel 1.8 Alokasi penggunaan metil akrilat di dunia 14

Tabel 1.9 Data impor metil akrilat 15

Tabel 3.1 Kebutuhan bahan baku..... 59

Tabel 4.1 Perincian luas tanah dan bangunan pabrik 64

Tabel 4.2 Neraca massa total 69

Tabel 4.3 Neraca massa di reaktor..... 69

Tabel 4.4 Neraca massa menara distilasi 1 70

Tabel 4.5 Neraca massa menara distilasi 2 70

Tabel 4.6 Neraca massa menara distilasi 3 71

Tabel 4.7 Neraca panas reaktor 71

Tabel 4.8 Neraca panas menara distilasi 1 72

Tabel.4.9 Neraca panas menara distilasi 2..... 73

Tabel 4.10 Neraca panas menara distilasi 3..... 73

Tabel 4.11 Kebutuhan air pembangkit steam 84

Tabel 4.12 Kebutuhan air pendingin 85

Tabel 4.13 Kebutuhan air untuk perkantoran dan rumah tangga 86

Tabel 4.14 Gaji karyawan 98

Tabel 4.15 Jadwal kerja masing-masing regu 99

Tabel 4.16 Harga CEP indeks 102

Tabel 4.17 Harga indeks pada tahun perancangan 103

Tabel 4.18 *Physical Plant Cost* 112

Tabel 4.19 *Direct Plant Cost (DPC)* 113

Tabel 4.20 *Fixed Capital Investment (FCI)* 113

Tabel 4.21 *Direct Manufacturing Cost (DMC)* 114

Tabel 4.22 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)* 114

Tabel 4.23 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)* 114

Tabel 4.24 *Total Manufacturing Cost (MC)* 115

Tabel 4.25 *Working Capital (WC)* 115

Tabel 4.26 *General Expense (GE)* 116

Tabel 4.27 Total biaya produksi 116

Tabel 4.28 *Total Capital Investment* 116

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Struktur kimia metil akrilat 2

Gambar 4.1 Tata letak pabrik 67

Gambar 4.2 Tata letak alat proses pabrik 68

Gambar 4.3 Diagram alir kualitatif pabrik metil akrilat 75

Gambar 4.4 Diagram alir kuantitatif pabrik metil akrilat 76

Gambar 4.5 Skema unit pengolahan air 92

Gambar 4.6 Struktur organisasi perusahaan..... 95

Gambar 4.7 Grafik hubungan % kapasitas vs rupiah..... 119

ABSTRAK

Pabrik Metil Akrilat memberikan prospek yang sangat baik, mengingat kebutuhan Metil Akrilat di Indonesia yang semakin meningkat. Desain awal pabrik Metil Akrilat dari Asam Akrilat dan Metanol direncanakan dibangun di Cilegon, Provinsi Banten, di tanah seluas 26.089,5 m^2 dengan kapasitas produksi 40.000 ton/tahun. Pabrik kimia ini akan dioperasikan selama 330 hari atau 24 jam sehari dengan total 266 karyawan. Bahan baku yang dibutuhkan adalah Asam Akrilat sebanyak 33.839,60 ton/tahun dan Metanol 15.096,67 ton/tahun. Proses produksi dijalankan dengan kondisi operasi pada suhu 80 °C dan tekanan sekitar 3 atm, didalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk dan digunakan *coil* sebagai pendingin reaktor. Reaksi berlangsung dengan konversi 65%, sehingga didapat produk Metil Akrilat dan air. Diperlukan air dalam pabrik ini untuk proses utilitas sebesar 380.497,94 kg/jam, 57.526,12 kg/jam uap, dan 460 kWh tenaga listrik yang disediakan oleh PLN dan juga perlu generator sebagai cadangan. Sebuah parameter kelayakan pendirian pabrik menggunakan analisis ekonomi dengan modal total investasi sebesar Rp 793.183.025.774 terdiri dari Penanaman Modal Tetap sebesar Rp 251.716.290.587, dan Modal Kerja sebesar Rp 541.466.735.187. Total Biaya Rp 1.185.319.669.965 dan Penjualan Tahunan Rp 1.320.000.000.000 sehingga didapatkan keuntungan sebelum pajak Rp 134.680.330.034, dan keuntungan setelah pajak sebesar Rp 107.744.264.027. Sebuah penghitungan parameter setelah pajak adalah persentase *Return On Investment* (ROI) 42,8%, *Pay Out Time* (POT) setelah pajak sebesar 1,89 tahun, *Discounted Cash Flow* (DCF) 28,93%, *Break Event Point* (BEP) 44,71%, sedangkan *Shut Down Point* (SDP) 30,25%. Dari analisis di atas menunjukkan hasil yang memuaskan, sehingga dapat disimpulkan pabrik ini menarik dan tepat untuk didirikan.

ABSTRACT

The Methyl Acrylate plant gives very good prospect, considering the requirement of Acrylic Acid in Indonesia which progressively increase. Preliminary design of Methyl Acrylate plant from Acrylic Acid and Methanol is planned to built in Cilegon, the province of Banten, in the land area 26,089.5 m^2 with production capacity 40,000 tons/year. This chemical plant will be operated for 330 days or 24 hours a day with total 266 employees. Raw materials needed are Acrylic Acid 33,839.60 tons/year and Methanol 15,096.67 tons/year. Production will be operated at temperature 80 ^oC and pressure 3 atm in a Continuous Stirred Tank Reactor, using an coil as a reactor cooler. The convert reaction is 65% which produced Methyl Acrylate and water. This plant are needed 380,497.94 kg/hour of water processed in utility unit, 57,526.117 kg/hour of steam, and 460 kWh of electricity power provided by PLN and also need a generator as reserve. A parameter of appropriatness used an economic analysis with total capital investment Rp 793,183,025,774 consisted of Rp 251,716,290,587, as a Fixed Capital Investment and Rp 541,466,735,187 as a Working Capital. Total Cost Rp 1,185,319,669,965.54 and Annual Sales Rp 1,320,000,000,000, so that profits can be obtained Rp 134,680,330,034 before taxes and Rp 107,744,264,027 after taxes. The count result of parameter after taxes are percentages of Return On Investment (ROI) 42.8%, Pay Out Time (POT) 1.89 year after taxes, Discounted Cash Flow (DCF) 28.93%, Break Event Point (BEP) 44.71%, while Shut Down Point (SDP) 30.25%. From the analyses above it showed that the result was satisfied so the plant are interesting and appropriate to built.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di negara yang sedang berkembang seperti Indonesia, berbagai kebutuhan dalam negeri belum seluruhnya dapat dihasilkan dan dipenuhi sendiri. Terutama kebutuhan pada bidang industri kimia masih banyak bahan-bahan kimia yang diimpor dari berbagai negara. Dalam rangka mendukung pembangunan nasional khususnya dalam sektor industri kimia maka perlu didirikan pabrik yang dapat memberikan manfaat dalam perkembangan industri di Indonesia.

Metil akrilat merupakan salah satu produk yang banyak dipakai dalam industri kertas, tekstil dan cat. Kebutuhan metil akrilat dalam negeri semakin meningkat seiring dengan peningkatan industri-industri yang membutuhkannya sehingga pendirian pabrik metil akrilat ini diharapkan dapat mengantisipasi permintaan dalam negeri dan mengurangi impor dari negara lain seperti Amerika Serikat, Jepang, Jerman, Malaysia dan Singapura.

Dengan didirikannya pabrik metil akrilat di negara Indonesia diharapkan dapat mengurangi konsumsi impor sehingga akan meringankan pihak konsumen dalam negeri, selain itu dapat menghemat devisa negara dan juga dapat memacu berdirinya pabrik lain yang menggunakan metil akrilat sebagai bahan bakunya.

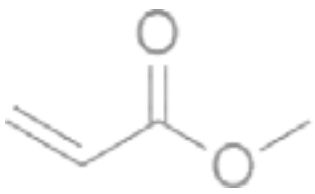
Kebutuhan metil akrilat dalam negeri menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) dari tahun ke tahun semakin meningkat seiring meningkatnya laju pertumbuhan industri di Indonesia. Senyawa ini pada mulanya digunakan terbatas

untuk keperluan tertentu saja. Setelah itu diketahui baru-baru ini bahwa metil akrilat ternyata juga dapat digunakan sebagai *plasticizer* dalam industri bioplastik dan reagen yang digunakan dalam sintesis intermediet bidang pangan. Sejauh ini pemenuhan kebutuhan metil akrilat di Indonesia masih diimpor dari negara lain seperti Malaysia, Amerika Serikat, China dan Taiwan. Untuk itu industri metil akrilat mempunyai prospek yang cukup baik jika dikembangkan di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri terhadap metil akriat yang tiap tahunnya terus bertambah sehingga perancangan pabrik metil akrilat merupakan pemikiran yang menarik untuk ditelaah.

1.2 Tinjauan Pustaka

1.2.1 Jenis - Jenis Proses

Metil akrilat merupakan suatu senyawa organik dengan rumus $C_4H_6O_2$. Senyawa ini merupakan metil ester dari asam akrilat. Metil akrilat berbentuk cairan yang tidak berwarna dengan karakteristik bau yang tajam, serta larut dalam pelarut organik dan larut terhadap air. Senyawa ini banyak diproduksi sebagai *acrylate fiber*, yang banyak digunakan untuk menenun karpet sintetis. Senyawa ini juga banyak digunakan sebagai reagen pada sintetis berbagai macam produk farmasi. Dari segi *hazard*-nya, senyawa ini termasuk senyawa yang berbahaya dan mudah terbakar. Struktur kimia metil akrilat ditunjukkan pada Gambar 1.1



Gambar 1.1 Struktur Kimia Metil Akrilat

Metil akrilat dapat diproduksi dari beberapa cara, diantaranya adalah:

a. Oksidasi Propilen

Proses oksidasi ini mula-mula akan membentuk akrolein. Oksidasi akrolein akan membentuk asam akrilat. Reaksi ini dilakukan pada fase uap dengan menggunakan katalisator *cobalt malybdate-tellurium* oksida dengan kondisi operasi 500^{o}C dan tekanan atmosferis.

Gas panas yang keluar dari reaktor segera didinginkan di dalam alat pendingin untuk mencegah reaksi lebih lanjut dan pertumbuhan polimer. Asam akrilat diperoleh dengan memisahkan pada menara distilasi kemudian diesterifikasi pada suhu 200^{o}C dengan menambahkan metanol dan katalisator asam mineral sehingga diperoleh metil akrilat dengan konversi 58%.

Reaksinya adalah (Kirk and Othmer, 1951) :

$C_4H_6N + O_2 \rightarrow C_3H_4O + H_2O$ (1)

$2\ C_3H_4O + O_2 \rightarrow 2\ C_3H_4O_2$ (2)

b. Pembuatan Metil Akrilat menggunakan Propilena

Proses pembuatan metil akrilat adalah dengan mereaksikan metanol, asetilena dan karbon monoksida dengan menggunakan katalis nikel halida (misalnya $NiBr_2$ atau $NiCl_2$). Reaksi pembentukan metil akrilat berlangsung pada suhu 220 – 270 ^{o}C dan tekanan 2.000-4.500 lb/inc^2 (140,61-316,38 atm) dengan waktu tinggal 5-15 menit. Reaksi dapat dilangsungkan secara *batch* maupun *continue*.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

$C_2H_{2(g)} + CH_3OH_{(l)} + CO_{(g)} \rightarrow C_4H_6O_{2(l)}$ ..ΔH=-3,026 j/kmol

Secara teoritis, satu mol asetilen bereaksi dengan 1 mol methanol dan 1 mol karbonmonoksida tetapi reaksi bahkan semakin baik ketika menggunakan ekses methanol berlebih. Kondisi operasi harus dijaga pada kondisi optimum. Temperatur dan tekanan tinggi dibutuhkan agar reaksi berjalan cepat dan spontan. Konversi yang diperoleh mencapai 92 %.

Ketika tekanan diturunkan dari kondisi operasi yang ditetapkan maka konversi pun akan menurun atau butuh waktu tinggal yang cukup lama untuk mencapai konversi yang sama. Hasil reaksi berupa *liquid* yang kemudian dinetralisasi dan dimurnikan di dalam kolom distillasi.

Proses Esterifikasi

Pada proses ini, reaksi berlangsung pada tekanan atmosfer, suhu 80-95^{o}C, rasio molar methanol dan asam akrilat, dengan konversi reaktor sebesar 65% terhadap asam akrilat.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

$C_3H_4O_{2\,(l)} + CH_3OH_{(l)} \rightarrow C_4H_6O_{2(l)} + H_2O_{(l)}$..$\Delta H$ = -1,7964 j/kmol

Setelah proses esterifikasi yang dilangsungkan dalam reaktor selesai, maka produk yang keluar berupa campuran metil akrilat, asam akrilat, metanol, air dan katalis asam sulfat. Kemudian keluaran reaktor dialirkan ke kolom distilasi 1 yang berfungsi untuk memisahkan asam akrilat dan asam sulfat dari campuran tersebut. Asam sulfat dan asam akrilat yang merupakan *bottom product* distilasi 1 di *recycle* ke reaktor sedangkan *top product* yang berupa campuran metil akrilat, methanol dan air masuk ke distilasi 2. Pada menara distillasi 2 terjadi pemisahan methanol

terhadap air dan metil akrilat. Metanol bersama sedikit air dan metil akrilat yang terikut sebagai *top product* menara distillasi 2 di –*recycle* bersama dengan *bottom product* menara distillasi 1. *Bottom product* menara distillasi 2 berupa metil akrilat dimurnikan dengan kemurnian 99,5 % dari air dan reaktan yang tersisa.

1.2.2 Pemilihan Proses

a. Tinjauan berdasarkan proses

Pemilihan berdasarkan proses yang telah diuraikan sebelumnya dapat dibandingkan sebagai berikut :

Tabel 1.1 Perbandingan berdasarkan proses pembuatan metil akrilat

Kriteria	Pembuatan dari asetilena	Oksidasi Propilena	Esterifikasi
Konversi	92%	58%	65%
Reaksi	1 tahap	2 tahap	1 tahap
Tekanan	140.61-316.38 atm	1 atm	1 atm
Suhu	220-270^{o}C	400-500^{o}C	80-95 ^{o}C
Hasil samping	$NiCl_2$ dan H_2	H_2O	H_2O

b. Tinjauan Ekonomi

Tinjauan ekonomi ini bertujuan untuk mengetahui bruto yang dihasilkan oleh pabrik ini selama setahun dengan kapasitas 40.000 ton/tahun. Berikut ini perbandingan beberapa harga bahan baku dan harga produk.

Tabel 1.2 Harga bahan baku dan produk

Bahan	**Harga dalam $**		**Harga dalam Rp.**	
Metanol	250	USD/ton	2.394.500	/ton
Asam Akrilat	1060	USD/ton	10.152.680	/ton
Asetilena	61	USD/cylinder	584.258	/cylinder
Karbon Monoksida	45	USD/cylinder	431.010	/cylinder
Propilene	1469	USD/ton	14.070.082	/ton
Oksigen	2.5	USD/liter	25.000	/liter
Metil Akrilat	2800	USD/ton	26.818.400	/ton

1. Oksidasi Propilen

	CH_3OH +	C_3H_6 +	3/2 O_2 →	$C_4H_6O_2$	+ H_2O
Mula - Mula	1	1	1,5		
Reaksi	0,58	0,58	0,87	0,58	0,58
Sisa	0,42	0,42	0,63	0,58	0,58

- Mol methanol = 1 kmol

  = mol metanol * BM metanol

  = 1 kmol x 32 kg/kmol

  = 3 kg = 0,003 ton

- Mol Propilena =1 kmol

  = mol propilena * BM propilena

  = 1 kmol x 42 kgr/kmol

  = 42 kg = 0,042 ton

- Mol Oksigen =1,5 kmol

  = mol Oksigen * BM Oksigen

  = 1,5 kmol x 32 kg/kmol

  = 48 kg

  = 0,048 ton = 0,056 liter

- Mol metil akrilat = 0,58 kmol

  = mol metil akrilat * BM metil akrilat

  = 0,58 kmol x 89 kg/kmol

  = 51,62 kg = 0,05162 ton

Jumlah harga bahan baku:

= (0,042 ton x $ 1469,23/ton) + (0,003 ton x $ 250/ton)

+ (0,056 liter x $ 2,5 /liter)

= $ 68,89

Harga produk metil akrilat:

= (0,05162 ton x $ 2800/ton)

= $ 144,532

Keuntungan per tahun = Harga Produk – Harga Reaktan

= $ 144,532 - $ 68,89

= $ 75,64

2. Pembuatan Metil Akrilat menggunakan Propilena

	$C_2H_{2(g)}$	+ $CH_3OH_{(l)}$	+ $CO_{(g)}$	→	$C_4H_6O_{2\ (l)}$
Mula - Mula	1	1	1		
Reaksi	0.92	0,92	0,92		0,92
Sisa	0,08	0,08	0,08		0,92

- Mol Asetilena = 1 kmol

  = mol asitilena * BM asitilena

  = 1 kmol x 26 kg/kmol

  = 26 kg

- Mol Metanol =1 kmol

  = mol Metanol * BM Metanol

  = 1 kmol x 32 kgr/kmol

  = 32 kg = 0,032 ton

- Mol Karbon Moksida =1 kmol

  = mol Karbon Monoksida * BM Karbon Monoksida

  = 1 kmol x 28 kg/kmol

  = 28 kg

- Mol metil akrilat = 0,98 kmol

  = mol metil akrilat * BM metil akrilat

= 0,98 kmol x 89 kg/kmol

= 87,22 kg = 0,08722 ton

Jumlah harga bahan baku:

= (26 kg x $ 61 cylinder / 7.2) + (0,032 ton x $ 250/ton)

+ (28 kg x $ 45 cylinder / 8)

= $ 385,777

Harga produk metil akrilat:

= (0,08722 ton x $ 2800/ton)

= $ 244,777

Keuntungan per tahun = Harga Produk – Harga Reaktan

= $ 244,777 - $ 385,777

= $ - 141,561

3. Proses Esterifikasi

	$CH_3OH_{(l)}$ +	$C_3H_4O_{2\,(l)}$ +	→	$C_4H_6O_{2\,(l)}$ +	$H_2O_{(l)}$
Mula - Mula	1	1			
Reaksi	0,65	0,65		0,65	0,65
Sisa	0,35	0,35		0,65	0,65

- Mol Metanol = 1 kmol

= mol Metanol * BM Metanol

= 1 kmol x 32 kg/kmol

= 32 kg = 0,0032 ton

- Mol Asam Akrilat =1 kmol

  = mol Asam Akrilat * BM Asam Akrilat

  = 1 kmol x 72 kgr/kmol

  = 72 kg = 0,072 ton

- Mol Metil Akrilat = 0,65 kmol

  = mol metil akrilat * BM metil akrilat

  = 0,65 kmol x 89 kg/kmol

  = 57,85 kg = 0,05785 ton

Jumlah harga bahan baku:

= (0,032 ton x $ 250/ ton) + (0,072 ton x $ 1060/ton)

= $ 84,32

Harga produk metil akrilat:

= (0,05785 ton x $ 2800/ton)

= $ 161,98

Keuntungan per tahun = Harga Produk – Harga Reaktan

= $ 161,98 - $ 84,32

= $ 77,66

c. Tinjauan termodinamika

Tinjauan secara termodinamika ditujukan untuk mengetahui sifat reaksi apakah reaksi dapat berlangsung atau tidak.

1. Proses Oksidasi Propilena

   a. Tahap Oksidasi Propilena

Reaksi 1 :

$C_3H_{6\,(g)} + O_{2(g)} \rightarrow C_3H_4O_{(g)} + H_2O_{(g)}$

Tabel 1.3 Nilai $\Delta G°_f$ masing-masing komponen

Senyawa	**ΔG^o (10^{-7} J/kmol)**
C_3H_6	6,215
O_2	0
C_3H_4O	-5,68
H_2O	-22,85

Sumber : *Perry's* Tabel 2-196

$\Sigma\ \Delta G^o = \Sigma(n\ \ \Delta G^o_f)$ produk – $\Sigma(n\ \ \Delta G^o_f)$ reaktan

$= [(\Delta G^o\ C_3H_4O) + (\Delta G^o\ H_2O)] - [(\Delta G^o\ C_3H_6) + (\Delta G^o\ O_2)]$

$= [(-5,68) + (-22,85)] - [(6,215) + (0)]$

= -34,745

Reaksi 2 :

$C_3H_4O_{(g)} + ½\ O_{2(g)} \rightarrow C_3H_4O_{2(g)}$

Tabel 1.4 Nilai $\Delta G°_f$ masing-masing komponen

Senyawa	**ΔG^o (10^{-7} J/kmol)**
C_3H_4O	-5,68
O_2	0
$C_3H_4O_2$	-30,60

Sumber : *Perry's* Tabel 2-196

$\Sigma\ \Delta G^o = \Sigma(n\ \ \Delta G^o_f)$ produk – $\Sigma(n\ \ \Delta G^o_f)$ reaktan

$= [\Delta G^o\ C_3H_4O_2] - [(\Delta G^o\ C_3H_4O) + (\Delta G^o\ O_2)]$

$= [-30,60] - [(-5,68) + (0)]$

= -24,92

b. Tahap Esterifikasi Reaksi :

$$C_3H_4O_{2(l)} + CH_3OH_{(l)} \rightarrow C_4H_6O_{2\,(l)} + H_2O_{(l)}$$

Tabel 1.5 Nilai $\Delta G°_f$ masing-masing komponen

Senyawa	**ΔG^o (10^{-7} J/kmol)**
$C_3H_4O_2$	-30,60
CH_3OH	-16,23
C4H6O2	-25,7
H_2O	-22,85

Sumber : *Perry's* Tabel 2-196

$\Sigma\ \Delta G^o = \Sigma(n\ \ \Delta G^o_f)$ produk $- \Sigma(n\ \ \Delta G^o_f)$ reaktan

$= [(\Delta G^o\ C_4H_6O_2) + (\Delta G^o\ H_2O)] - [(\Delta G^o\ C_3H_4O_2) + (\Delta G^o\ CH_3OH)]$

$= [(-25,7) + (-22,85)] - [(-30,60) + (-16,23)]$

$=$ **-1,72**

2. Pembuatan Metil Akrilat dari Asetilena Reaksi :

$$C_2H_{2(g)} + CH_3OH_{(l)} + CO_{(g)} \rightarrow C_4H_6O_{2\,(l)}$$

Tabel 1.6 Nilai $\Delta G°_f$ masing-masing komponen

Senyawa	**ΔG^o (10^{-7} J/kmol)**
C2H2	21,068
CH_3OH	-16,23
CO	-13,715
C4H6O2	-25,7

Sumber : *Perry's* Tabel 2-196

$\Sigma\ \Delta G^O = \Sigma(n\ \Delta G^o_f)$ produk $- \Sigma(n\ \ \Delta G^o_f)$ reaktan

$= [\Delta G^O\ C_4H_6O_2] - [(\Delta G^O\ C_2H_2) + (\Delta G^O\ CH_3OH\ ) + (\Delta G^O\ CO)]$

$= [-25,7] - [(21,068) + (-16,23) + (-13,715)]$

= -16,823

3. Proses Esterifikasi Reaksi :

$C_3H_4O_{2\,(l)} + CH_3OH_{(l)} \rightarrow C_4H_6O_{2\,(l)} + H_2O_{(l)}$..

Tabel 1.7 Nilai $\Delta G°_f$ masing-masing komponen

Senyawa	**ΔG^o (10^{-7} J/kmol)**
$C_3H_4O_2$	-30,60
CH_3OH	-16,23
$C_4H_6O_2$	-25,7
H_2O	-22,85

Sumber : *Perry's* Tabel 2-196

$\Sigma \Delta G^o = \Sigma(n\ \Delta G^o_f)$ produk $- \Sigma(n\ \Delta G^o_f)$ reaktan

$= [(\Delta G^o\ C_4H_6O_2) + (\Delta G^o\ H_2O)] - [(\Delta G^o\ C_3H_4O_2) + (\Delta G^o\ CH_3OH)]$

$= [(-25,7) + (-22,85)] - [(-30,60) + (-16,23)]$

$=$ **-1,72**

Berdasarkan nilai ΔG^o semua reaksi dari masing-masing proses yang telah diperoleh menunjukkan bahwa reaksi pada reaktor dapat berlangsung tanpa membutuhkan energi yang besar, karena diinginkan nilai $\Delta G^o < 0$ agar tidak membutuhkan energi berupa panas yang terlalu besar (konsumsi energi kecil). Dalam parameter perancangan pabrik kimia berupa parameter thermodinamika bahwa nilai $\Delta G^o < 0$ masih dapat terpenuhi.

Dari beberapa pertimbangan, maka dipilih proses esterifikasi dengan alasan keuntungan yang di dapat lebih tinggi dan dengan pertimbangan lainnya, kondisi operasi yang mudah di jalankan, katalis yang digunakan mudah di dapat dan murah

.

1.2.3 Pemilihan Kapasitas

Sebagian metil akrilat, begitu juga dengan ester akrilat yang lain, banyak digunakan sebagai bahan baku senyawa polimer maupun kopolimer (McKetta, 1977). Menurut *U.S. National Library of Medicine* (www.toxnet.nlm.nih.gov), metil akrilat digunakan terutama sebagai bahan *intermediate* dalam produksi emulsi polimer. Bidang-bidang yang menggunakan metil akrilat tersebut ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 1.8 Alokasi penggunaan metil akrilat di dunia

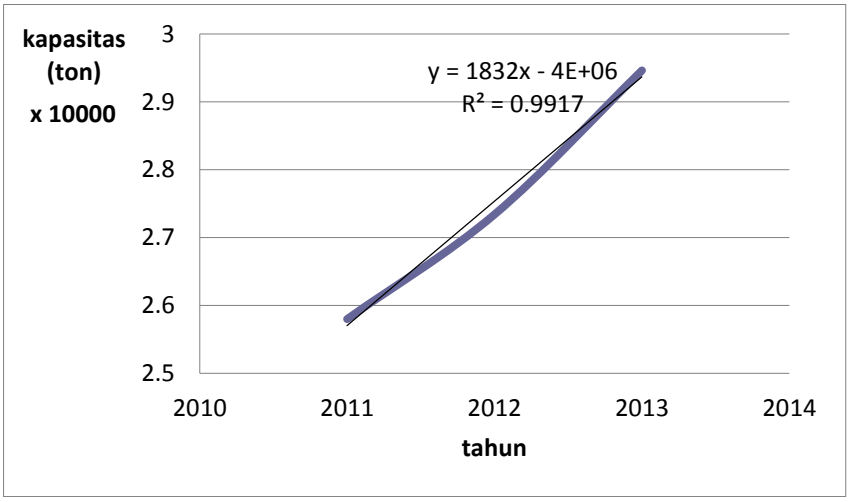
No.	Bidang Industri	Penggunaan, %
1	Tekstil dan Kulit	45
2	Cat	16
3	Kertas	9
4	Perekat	8
5	Poliakrilat	6
6	*Polishes*	5
7	Serat akrilat	5
8	Lainnya	6

Kebutuhan ester akrilat, khususnya metil akrilat di Indonesia terus mengalami peningkatan. Namun, kebutuhan tersebut belum dapat dipenuhi oleh industri dalam negeri karena belum terdapat pabrik yang memproduksi metil akrilat. Hal ini terlihat dari jumlah impor ester dari asam akrilat pada tahun 2013 yang mencapai 29.464 ton dengan peningkatan nilai impor yang mencapai 3% per tahun (BPS, 2013).

Penentuan kapasitas pabrik juga berdasarkan perhitungan menggunakan excel, berikut data yang didapat dari BPS dari tahun 2011 hingga 2013.

Tabel 1.9 Data impor metil akrilat

Tahun	**Impor (kg)**
2011	25.800.066
2012	27.342.138
2013	29.464.004



Gambar 1.2 Grafik Impor Metil Akrilat

Setelah didapatkan data dan diolah ke excel garis linear menunjukan rumus y = 1832x – 4E+06 dengan x pada tahun 2020, didapatkan hasil 40.000 ton. Dari segi realita atau kenyataan, didapatkan data kapasitas pabrik metil akrilat yang berada di luar negri terdapat beberapa pabrik seperti: Pabrik Jiangsu Jurong Chemical yang berada di China dengan kapasitas 250.000 ton/tahun, Pabrik Arkema yang berada di Texas dengan kapasitas 45.000 ton/tahun, Pabrik Forosa Petrochemical Corporation yang berada di Taiwan dengan kapasitas 6.000 ton/tahun. Dengan beberapa range pabrik yang sudah ada, dapat disimpulkan dapat merancang pabrik metil akrilat dengan kapasitas 40.000 ton/tahun.

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

Metil Akrilat (Kemurnian 99 %)

Wujud : *Liquid*

Rumus Molekul : $C_4H_6O_2$

Berat Molekul : 86 kg/kmol

Titik Didih : 80 °C

Titik Beku : -77 °C

Spesifik Grafity : 0,956

Kelarutan : 5 gram dalam 100 gram air

Entalpi Penguapan : 32,21 kJ/mol

Temperatur Kritis : 536 K

Tekanan Kritis : 41,9 atm

Kapasitas Panas : $54.109 + 8{,}0399E\text{-}01T - 2{,}5149E\text{-}03T^2 + 1{,}0342E\text{-}06T^3$

2.2 Spesifikasi Bahan Baku

Asam Akrilat (Kemurnian 99 %)

Wujud : *Liquid*

Rumus Molekul : $C_3H_4O_2$

Berat Molekul : 72 kg/kmol

Titik Didih : 141 °C

Titik Beku : 13,5 °C

Spesifik Grafity : 1,05

Kelarutan : tak terhingga dalam 100 gram air

Entalpi Penguapan : 42,52 kJ/mol

Temperatur Kritis : 615 K

Tekanan Kritis : 55,9 atm

Kapasitas Panas : -18.242 + 1,2106E+00T – 3.1160E-03T^2 + 3.1409E-06T^3

Metanol (Kemurnian 99,8 %)

Wujud : *Liquid*

Rumus Molekul : CH_4O

Berat Molekul : 32 kg/kmol

Titik Didih : 65 °C

Titik Beku : -98 °C

Spesifik Grafity : 0,79

Kelarutan : tak terhingga dalam 100 gram air

Entalpi Penguapan : 35,14 kJ/mol

Temperatur Kritis : 512,58 K

Tekanan Kritis : 79,9 atm

Kapasitas Panas : 40,152 + 3,1046E-01T – 1,0291E-03T^2 + 1,4958E-06T^3

2.3 Spesifikasi Bahan Penunjang

Katalisator (Asam Sulfat)

Wujud : *Liquid*

Rumus Molekul : H_2SO_4

Berat Molekul : 98 kg/kmol

Titik Didih : 337 °C

Titik Beku : 10 °C

Spesifik Grafity : 1,84

Kelarutan : tak terhingga dalam 100 gram air

Entalpi Penguapan : 33,28 kJ/mol

Temperatur Kritis : 925 K

Tekanan Kritis : 63,2 atm

Kapasitas Panas : 26,004 + 7,0337E-01T – 1,3856E-03T^2 + 1,0342E-06T^3

2.4 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas pada pabrik Metil Akrilat ini meliputi pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses dan pengendalian kualitas produk.

2.4.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas dari bahan baku dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kualitas bahan baku yang digunakan, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan untuk

proses. Oleh karena itu sebelum dilakukan proses produksi, dilakukan pengujian terhadap kualitas bahan baku berupa asam akrilat dan metanol serta bahan pembantu (katalis) yaitu asam sulfat dengan tujuan agar bahan yang digunakan dapat diproses di dalam pabrik. Uji yang dilakukan antara lain uji densitas, viskositas, volatilitas, kadar komposisi komponen, kemurnian bahan baku.

2.4.2 Pengendalian Proses Produksi

Pengendalian proses produksi pabrik ini meliputi aliran dan alat sistem kontrol.

2.4.2.1 Alat Sistem Kontrol

a. Sensor, digunakan untuk identifikasi variabel-variabel proses. Alat yang digunakan manometer untuk sensor aliran fluida, tekanan dan level, *termocouple* untuk sensor suhu.
b. *Controller* dan Indikator, meliputi level indikator dan *control*, *temperature indicator control*, *pressure control*, *flow control*.
c. *Actuator* digunakan untuk *manipulate* agar variabelnya sama dengan variabel *controller*. Alat yang digunakan *automatic control valve* dan *manual hand valve*.

2.4.2.2 Aliran Sistem Kontrol

a. Aliran *pneumatis* (aliran udara tekan) digunakan untuk *valve* dari *controller* ke *actuator*.
b. Aliran *electric* (aliran listrik) digunakan untuk suhu dari sensor ke *controller*.
c. Aliran mekanik (aliran gerakan/perpindahan level) digunakan untuk *flow* dari sensor ke *controller*.

2.4.2.3 Pengendalian Kualitas Produk

Untuk memperoleh mutu produk standar maka diperlukan bahan yang berkualitas, pengawasan serta pengendalian terhadap proses yang ada dengan cara *system control* sehingga didapatkan produk yang berkualitas dan dapat dipasarkan. Untuk mengetahui produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang ada maka di lakukan uji densitas, viskositas, volatilitas, kemurnian produk, dan komposisi komponen produk.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1. URAIAN PROSES

Proses pembuatan metil akrilat menggunakan bahan baku metanol dan asam akrilat. Metanol yang disimpan di tangki (T-02) dalam bentuk cair pada temperatur 30 ^{o}C dan tekanan 1 atm dialirkan ke dalam reaktor, yang sebelumnya dipanaskan menggunakan *heater* (HE-01) menjadi suhu 80 ^{o}C. Asam akrilat yang disimpan di tangki (T-01) dalam bentuk cair pada temperatur 30 ^{o}C dan tekanan 1 atm juga dialirkan ke dalam reaktor, yang sebelumnya dipanaskan menggunakan *heater* (HE-02) menjadi suhu 80 ^{o}C.

Komposisi reaktan yaitu asam akrilat dan metanol dengan perbandingan 1:1,2. Reaktan diumpankan ke dalam Reaktor (R) yang merupakan *Continous Stirred Tank Reactor* dengan bantuan katalis Asam Sulfat (H_2SO_4). Reaktor beroperasi pada tekanan 3 atm dan suhu 80 °C. Konversi reaksi sebesar 65 %.

Reaksi utama yang terjadi di reaktor adalah sebagai berikut :

$$C_3H_4O_{2\,(l)} + CH_3OH_{\,(l)} \rightarrow C_4H_6O_{2(l)} + H2O$$

Karena reaksi bersifat eksotermis, maka pada reaktor digunakan pendingin berupa *coil* untuk mencegah reaksi melewati *range* suhu yang diinginkan. Hasil reaksi dan sisa yang keluar dari reaktor (R) terlebih dahulu dinaikan suhunya dari 80 °C menjadi 91,67 °C menggunakan *heater* (HE-03) sebagai umpan masuk Menara Distilasi (MD-01). Hasil bawah menara distilasi dengan kondisi suhu 113,8 °C dan tekanan 1,2 atm berupa katalis, asam akrilat dan air di *recycle* menuju ke

reaktor. Sebelum arus *recycle* masuk ke dalam reaktor, terlebih dulu didinginkan dengan *cooler* (CL-01) menjadi suhu 80 °C. Hasil atas menara distilasi dengan kondisi suhu 87 °C dan tekanan 1 atm kemudian dijadikan sebagai umpan masuk ke menara distilasi (MD-02). Sebelum umpan dimasukan ke dalam MD-02, terlebih dulu suhunya dinaikan dengan menggunakan *heater* (HE-04) menjadi suhu 105,35 °C.

Umpan masuk MD-02 memiliki kondisi operasi dengan suhu 105,35 °C dan tekanan 1,15 atm. Hasil bawah berupa air dengan kondisi suhu 83,29 °C dan tekanan 1,2 atm yang dialirkan menuju ke Unit Pengolahan Limbah (UPL). Sedangkan hasil atas menara dengan kondisi suhu 74,5 °C dan tekanan 1 atm dijadikan sebagai umpan masuk ke *menara distilasi* (MD-03). Sebelum umpan dimasukan ke dalam MD-03, terlebih dulu suhunya dinaikan dengan menggunakan *heater* (HE-05) menjadi suhu 86,46 °C.

Umpan masuk MD-03 memiliki kondisi operasi dengan suhu 86,46 °C dan tekanan 1.15 atm. Hasil atas menara berupa metanol dengan kondisi suhu 64,87 °C dan tekanan 1 atm, di *recycle* dan dialirkan kembali menuju reaktor. Sebelum masuk ke dalam reaktor, arus *recycle* dipanaskan dengan *heater* (HE-06) menjadi suhu 80 °C. Sedangkan hasil bawah menara merupakan produk yang diinginkan yaitu metil akrilat dengan kondisi suhu 75,76 °C dan tekanan 1,2 atm. Produk metil akrilat kemudian disimpan pada fase cair di tangki penyimpanan (T-03) pada suhu 30 ^{o}C dan tekanan 1 atm.

3.2. Spesifikasi Alat Proses

3.2.1. Tangki Penyimpanan Asam akrilat (T-01)

Tugas : Menyimpan asam akrilat selama 30 hari sebanyak 3.076.326,50 kg

Jenis : Tangki silinder vertikal

Fase : Cair

Jumlah : 2 buah

Volume : 1.758,73 m^3

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm

: Suhu = 30^oC

Spesifikasi : Diameter = 14,39 m

Tinggi = 10,79 m

Tebal Shell = 0,446 in

Bahan : *Stainless Steel SA 167 Grade 3*

Harga : $ 254.522

3.2.2. Tangki Penyimpanan Metanol (T-02)

Tugas : Menyimpan metanol sebanyak 1.372.424,13 kg untuk keperluan 30 hari

Jenis : Tangki silinder vertikal

Fase : Cair

Jumlah : 1 buah

Volume : 2.075,27 m^3

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm

Suhu = 30^{o}C

Spesifikasi : Diameter = 17,41 m

Tinggi = 8,70 m

Tebal *Shell* = 0,38 in

Bahan : *Stainless Steel SA 167 Grade 3*

Harga : $ 27.997

3.2.3. Tangki Penyimpanan Metil akrilat (T-03)

Tugas : Menyimpan produk asam akrilat selama 30 hari sebanyak 3.636.363,50 kg

Jenis : Tangki silinder vertikal

Fase : Cair

Jumlah : 2 buah

Volume : 1.902,39 m^3

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm

: Suhu = 30^{o}C

Spesifikasi : Diameter = 17,979 m

Tinggi = 8,98 m

Tebal *Shell* = 0,446 in

Bahan : *Stainless Steel SA 167 Grade 3*

Harga : $ 254.522

3.2.4. Reaktor (R)

Tugas : Tempat terjadinya reaksi metanol dan asam akrilat menjadi metil akrilat sebanyak 5.075,88 kg/jam

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Fase : Cair

Kondisi Operasi : Eksotermis

Tekanan = 3 atm

Suhu = 80 ^{o}C

Spesifikasi : Diameter = 1,72 m

Tinggi = 2,55 m

Tebal *Shell* = 1/4 in

Tebal *Head* = 1/4 in

Luas Pepindahan Panas :

A = 141,69 sqft

Coil (Lilitan) :

Diamter *Coil* = 3,57 ft

Luas perpindahan panas per *coil* = 6,08 sqft

Jumlah *Coil* = 23 Lilitan

Tinggi lilitan *Coil* =1,41 m

Jumlah : 1 buah

Bahan : *Stainless Steel SA 167 Grade 3*

Harga : $ 40.723

3.2.5. Menara Distilasi (MD 1)

Tugas : Memisahkan metil akrilat sebagai produk atas dari hasil keluar reakor sebanyak 11.655,38 kg/jam

Jenis Plate : *Sieve Tray*

Kondisi Operasi : - Puncak Menara : Tekanan = 1,00 atm

Suhu = 87,00 ^{o}C

- Umpan : Tekanan = 1,15 atm

Suhu = 91,67 ^{o}C

- Dasar Menara : Tekanan = 1,2 atm

Suhu = 113,82 ^{o}C

Spesifikasi : Diameter =

Diameter Puncak = 1,65 m

Diameter Dasar = 1,50 m

Tinggi = 8,17 m

Tebal *Shell* = 3/16 in

Tebal *Head* = 3/16 in

Bahan : *Stainless Steel SA 167 Grade 3*

Harga : $ 57.013

3.2.6. Menara Distilasi (MD 2)

Tugas : Memisahkan metil akrilat sebagai produk atas dari hasil keluar MD 2 sebanyak 7.794,38 kg/jam

Jenis Plate : *Sieve Tray*

Kondisi Operasi : - Puncak Menara : Tekanan = 1,00 atm

Suhu = 74,58 ^{o}C

- Umpan : Tekanan = 1,15 atm

Suhu = 105,35 ^{o}C

- Dasar Menara : Tekanan = 1,2 atm

Suhu = 83,29 ^{o}C

Spesifikasi : Diameter =

Diameter Puncak = 1,85 m

Diameter Dasar = 1,45 m

Tinggi = 18,47 m

Tebal *Shell* = 3/16 in

Tebal *Head* = 3/16 in

Bahan : *Stainless Steel SA 167 Grade 3*

Harga : $ 288.628

3.2.7. Menara Distilasi (MD 3)

Tugas : Memisahkan metil akrilat sebagai produk bawah dari hasil keluar MD 2 sebanyak 6.666,0654 kg/jam

Jenis Plate : *Sieve Tray*

Kondisi Operasi : - Puncak Menara : Tekanan = 1,00 atm

Suhu = 64,87 ^{o}C

- Umpan : Tekanan = 1,15 atm

Suhu = 86,46 ^{o}C

- Dasar Menara : Tekanan = 1,2 atm

Suhu = 75,76 ^{o}C

Spesifikasi : Diameter =

Diameter Puncak = 1,68 m

Diameter Dasar = 2,15 m

Tinggi = 21,82 m

Tebal *Shell* = 3/16 in

Tebal *Head* = 3/16 in

Bahan : *Stainless Steel SA 167 Grade 3*

Harga : $ 425.560

3.2.8. *Condensor* (CD 1)

Tugas : Mengembunkan fluida sebanyak 9.539,67 kg/jam dari hasil atas menara distilasi (MD 1)

Jenis : *Shell and Tube*

Beban Panas : 1768110,62 Kcal / jam

Luas transfer panas : 842,22 sqft

Panjang : 16 ft

Shell Side

- Fluida panas : Hasil atas MD 1

Ukuran :

- ID : 21,25 in
- *Baffle space* : 22,5

- *Pass* : 1

Tube Side

- Fluida dingin : Air

Ukuran :

- Jumlah *Tube* : 270
- OD; BWG : 0,75 in; 16
- ID : 0,62 in
- *Pass* : 2

Rd min : 0,002

Rd Terhitung : 0,003

Catatan : *Condensor* memenuhi syarat, karena Rd *available* > Rd *min*

Bahan : *Stainlees Steel*

Harga : $ 24.180

3.2.9. *Reboiler* (RB 1)

Tugas : Menguapkan fluida hasil bawah menara distilasi (MD 1) sebanyak 11.406,22 kg/jam

Jenis : *Kettle Reboiler*

Beban Panas : 1.804.812,75 Kcal / jam

Luas transfer panas : 3.672,57 sqft

Panjang : 20 ft

Shell Side

- Fluida panas : *Steam*

Ukuran :

- ID : 39 in
- *Baffle space* : 46,8 in
- *Pass* : 1

Tube Side

- Fluida dingin : Hasil bawah MD 1

Ukuran :

- Jumlah *Tube* : 1024
- OD; BWG : 0,75 in; 16
- ID : 0,62 in
- *Pass* : 1

Rd min : 0,0015

Rd Terhitung : 0,0029

Catatan : *Reboiler* memenuhi syarat, karena Rd *available* > Rd *min*

Bahan : *Stainless Steel*

Harga : $ 33.088

3.2.10. *Accumulator* (ACC 1)

Tugas : Menampung sementara hasil kondensasi menara distilasi (MD 1) sebanyak 9.539,67 kg/jam

Jenis : Tangki silinder horizontal, *Torispherical Dished Head*

Bahan : *Stainless Steel SA 167 Grade 3*

Spesifikasi :

- Diameter = 1,31 m
- Panjang = 2,62 m
- Tebal *Shell* = 3/16 in
- Tebal *Head* = 3/16 in

Harga : $ 5.345

3.2.11. *Condensor* (CD 2)

Tugas : Mengembunkan fluida sebanyak 1.347,22 kg/jam dari hasil atas menara distilasi (MD 2)

Jenis : *Shell and Tube*

Beban Panas : 1.781.723,75 Kcal / jam

Luas transfer panas : 1.169,26 sqft

Panjang : 16 ft

Shell Side

- Fluida panas : Hasil atas MD 1

Ukuran :

- ID : 25,00 in
- *Baffle space* : 30,00 in
- *Pass* : 1

Tube Side

- Fluida dingin : Air

Ukuran :

- Jumlah *Tube* : 370
- OD; BWG : 0,75 in; 16
- ID : 0,62 in
- *Pass* : 4

Rd min : 0,002

Rd Terhitung : 0,003

Catatan : *Condensor* memenuhi syarat, karena Rd *available* > Rd *min*

Bahan : *Stainless Steel*

Harga : $ 27.997

3.2.12. *Reboiler* (RB 2)

Tugas : Menguapkan fluida hasil bawah menara distilasi (MD 2) sebanyak 5.266,61 kg/jam

Jenis : *Kettle Reboiler*

Beban Panas : 1.776.077,25 Kcal / jam

Luas transfer panas : 1.643,20 sqft

Panjang : 16 ft

Shell Side

- Fluida panas : *Steam*

Ukuran :

- ID : 29 in
- *Baffle space* : 34,8 in
- *Pass* : 1

Tube Side

- Fluida dingin : Hasil bawah MD 2

Ukuran :

- Jumlah *Tube* : 526
- OD; BWG : 0,75 in; 16
- ID : 0,62 in
- *Pass* : 1

Rd min : 0,0015

Rd Terhitung : 0,0022

Catatan : *Reboiler* memenuhi syarat, karena Rd *available* > Rd *min*

Bahan : *Stainless Steel*

Harga : $ 17.817

3.2.13. *Accumulator* (ACC 2)

Tugas : Menampung sementara hasil kondensasi menara distilasi (MD 2) sebanyak 13.472,21 kg/jam

Jenis : Tangki silinder horizontal, *Torispherical Dished Head*

Bahan : *Stainless Steel SA 167 Grade 3*

Spesifikasi :

- Diameter = 1,49 m
- Panjang = 2,99 m
- Tebal *Shell* = 3/16 in
- Tebal *Head* = 3/16 in

Harga : $ 9.672

3.2.14. *Condensor* (CD 3)

Tugas : Mengembunkan fluida sebanyak 7.817,76 kg/jam dari hasil atas menara distilasi (MD 3)

Jenis : *Shell and Tube*

Beban Panas : 2.002.497,00 Kcal / jam

Luas transfer panas : 1.881,26 sqft

Panjang : 16 ft

Shell Side

- Fluida panas : Hasil atas MD 3

Ukuran :

- ID : 31,00 in
- *Baffle space* : 37,20 in
- *Pass* : 1

Tube Side

- Fluida dingin : Air

Ukuran :

- Jumlah *Tube* : 600
- OD; BWG : 0,75 in; 16
- ID : 0,62 in
- *Pass* : 4

Rd min : 0,002

Rd Terhitung : 0,003

Catatan : *Condensor* memenuhi syarat, karena Rd *available* > Rd *min*

Bahan : *Stainless Steel*

Harga : $ 40.723

3.2.15. *Reboiler* (RB 3)

Tugas : Menguapkan fluida hasil bawah menara distilasi (MD 3) sebanyak 25.026,47 kg/jam

Jenis : *Kettle Reboiler*

Beban Panas : 2.017.077,12 Kcal / jam

Luas transfer panas : 825,15 sqft

Panjang : 16 ft

Shell Side

- Fluida panas : *Steam*

Ukuran :

- ID : 21,25 in
- *Baffle space* : 25,5 in
- *Pass* : 1

Tube Side

- Fluida dingin : Hasil bawah MD 3

Ukuran :

- Jumlah Tube : 270
- OD; BWG : 0,75 in; 16
- ID : 0,62 in
- *Pass* : 1

Rd min : 0,0015

Rd Terhitung : 0,0024

Catatan : *Reboiler* memenuhi syarat, karena Rd *available* > Rd *min*

Bahan : *Stainless Steel*

Harga : $ 1.273

3.2.16. *Accumulator* (ACC 3)

Tugas : Menampung sementara hasil kondensasi menara distilasi (MD 3) sebanyak 7.818,76 kg/jam

Jenis : Tangki Silinder Horizontal, *Torispherical Dished Head*

Bahan : *Stainless Steel SA 167 Grade 3*

Spesifikasi :

- Diameter = 1,29 m
- Panjang = 2,58 m
- Tebal *Shell* = 3/16 in
- Tebal *Head* = 3/16 in

Harga : $ 7.763

3.2.17. *Heat Exchanger* 01 (HE-01)

Tugas : Memanaskan fluida sebanyak 1.906,14 kg/jam dari T-02 menuju reaktor

Jenis : *Double pipe heat exchanger*

Beban Panas : 238.174,17 Kcal / jam

Luas transfer panas: 18,66 sqft

Panjang : 12 ft

Jumlah harpin : 2

Inner pipe Side

- Fluida Panas : *Steam*

  Ukuran :

- OD : 1,32 in
- ID : 1,05 in
- Baffle space : 1,26 in
- Panjang : 12 ft

Anulus pipe side

- Fluida dingin : Asam Akrilat

  Ukuran :

- OD : 2,38 in
- ID : 2,07 in
- Panjang : 12 ft

Rd min : 0,002

Rd Terhitung : 0,005

Catatan : HE-01 memenuhi syarat, karena Rd *available* > Rd *min*

Bahan : *Stainless Steel*

Harga : $ 1.044

3.2.18. *Heat Exchanger* 02 (HE-02)

Tugas : Memanaskan fluida sebanyak 4.272,67 kg/jam dari T-01 menuju reaktor

Jenis : *Double pipe heat exchanger*

Beban Panas : 274.988,21 Kcal / jam

Luas transfer panas: 21,55 sqft

Panjang : 16 ft

Jumlah harpin : 2

Inner pipe Side

- Fluida Panas : *Steam*

  Ukuran :

- OD : 1,32 in
- ID : 1,05 in
- Baffle space : 1,26 in
- Panjang : 16 ft

Anulus pipe side

- Fluida dingin : Metanol

  Ukuran :

- OD : 3,50 in
- ID : 3,05 in
- Panjang : 16 ft

Rd min : 0,002

Rd Terhitung : 0,006

Catatan : HE-02 memenuhi syarat, karena Rd *available* > Rd *min*

Bahan : *Stainless Steel*

Harga : $ 1.298

3.2.19. *Heat Exchanger* 03 (HE-03)

Tugas : Memanaskan fluida sebanyak 11.655,38 kg/jam dari reaktor menuju MD 1

Jenis : *Double pipe heat exchanger*

Beban Panas : 195.350,93 Kcal / jam

Luas transfer panas: 26,15 sqft

Panjang : 12 ft

Jumlah harpin : 2

Inner pipe Side

- Fluida Panas : *Steam*

Ukuran :

- OD : 1,32 in
- ID : 1,05 in
- Baffle space : 1,26 in
- Panjang : 12 ft

Anulus pipe side

- Fluida dingin : Hasil reaktor

Ukuran :

- OD : 3,05 in
- ID : 3,05 in
- Panjang : 12 ft

Rd min : 0,002

Rd Terhitung : 0,005

Catatan : HE-03 memenuhi syarat, karena Rd *available* > Rd *min*

Bahan : *Stainless Steel*

Harga : $ 1.313

3.2.20. *Heat Exchanger* 04 (CL-01)

Tugas : Mendinginkan fluida sebanyak 3.861,02 kg/jam dari Hasil bawah MD 1 menuju Reaktor

Jenis : *Double pipe heat exchanger*

Beban Panas : 261761,43 Kcal / jam

Luas transfer panas: 28,67 sqft

Panjang : 16 ft

Jumlah harpin : 1

Inner pipe Side

- Fluida Dingin : Air

  Ukuran :

- OD : 2,50 in
- ID : 2,88 in
- *Baffle space* : 3,45 in
- Panjang : 16 ft

Anulus pipe side

- Fluida Panas : Hasil bawah MD 1

  Ukuran :

- OD : 4,50 in
- ID : 4,05 in
- Panjang : 16 ft

Rd min : 0,0020

Rd Terhitung : 0,0021

Catatan : HE-04 memenuhi syarat, karena Rd *available* > Rd *min*

Bahan : *Stainless Steel*

Harga : $ 1.527

3.2.21. *Heat Exchanger* 05 (CL-02)

Tugas : Mendinginkan fluida sebanyak 1.128,31 kg/jam dari Hasil bawah MD 2 menuju UPL

Jenis : *Double pipe heat exchanger*

Beban Panas : 260829,67 Kcal / jam

Luas transfer panas: 64,66 sqft

Panjang : 16 ft

Jumlah harpin : 4

Inner pipe Side

- Fluida Dingin : Air

Ukuran :

- OD : 1,32 in
- ID : 1,05 in
- Baffle space : 1,26 in
- Panjang : 16 ft

Anulus pipe side

- Fluida Panas : Hasil bawah MD 2

Ukuran :

- OD : 2,38 in
- ID : 2,07 in
- Panjang : 16 ft

Rd min : 0,002

Rd Terhitung : 0,004

Catatan : HE-05 memenuhi syarat, karena Rd *available* > Rd *min*

Bahan : *Stainless Steel*

Harga : $ 3.309

3.2.22. *Heat Exchanger* 06 (HE-04)

Tugas : Memanaskan fluida sebanyak 1.615,56 kg/jam dari hasil atas MD 3 menuju reaktor

Jenis : *Double pipe heat exchanger*

Beban Panas : 61.636,98 Kcal / jam

Luas transfer panas: 6,31 sqft

Panjang : 8 ft

Jumlah harpin : 1

Inner pipe Side

- Fluida Panas : *Steam*

Ukuran :

- OD : 1,32 in
- ID : 1,05 in
- Baffle space : 1,26 in

- Panjang : 8 ft

Anulus pipe side

- Fluida Dingin : Hasil atas MD 3

Ukuran :

- OD : 2,38 in
- ID : 2,07 in
- Panjang : 8 ft

Rd min : 0,002

Rd Terhitung : 0,005

Catatan : HE-06 memenuhi syarat, karena Rd *available* > Rd *min*

Bahan : *Stainless Steel*

Harga : $ 255

3.2.23. *Heat Exchanger 07* (CL-03)

Tugas : Mendinginkan fluida sebanyak 5.050 kg/jam dari hasil bawah MD 3 menuju T-03

Jenis : *Shell and tube heat exchanger*

Beban Panas : 102.912,50 Kcal / jam

Luas transfer panas: 177,97 sqft

Panjang : 16 ft

Shell Side

- Fluida panas : Hasil bawah MD 3

Ukuran :

- ID : 10 in
- *Baffle space* : 12 in
- *Pass* : 2

Tube Side

- Fluida dingin : Air

Ukuran :

- Jumlah *tube* : 52
- OD : 0,75 in
- ID : 0,48 in
- Pass : 4

Rd min : 0,0020

Rd Terhitung : 0,0025

Catatan : HE-07 memenuhi syarat, karena Rd *available* > Rd *min*

Bahan : *Stainless Steel*

Harga : $ 5.345

3.2.24. Pompa 01 (P – 01)

Tugas : Mengalirkan Asam Akrilat dari Mobil tangki menuju Tangki penyimpan (T - 02) dengan kecepatan 4.272,67 kg/j

Tipe : Pompa *Centrifugal*

Pemilihan Pipa :

IPS = 4,0

Sch No = 40

OD = 4,500 in

ID = 4,026 in

Kapasitas Pompa : 423,098 gpm

Head Pompa :

Friction Head = 4,55 m

Pressure Head = -2,00 m

Velocity Head = 0,00 m

Static Head = 9,80 m

Putaran Pompa :

Kecepatan Putaran = 1.750 rpm

Efisiensi Motor = 0,88

Motor Standard = 5,00 Hp

Harga : $ 1.094

3.2.25. Pompa 02 (P – 02)

Tugas : Mengalirkan Metanol dari Mobil tangki menuju Tangki penyimpan (T - 01) dengan kecepatan 1.906,145 kg/j

Tipe : Pompa *Centrifugal*

Pemilihan Pipa :

IPS = 4,0

Sch No = 40

OD = 4,500 in

ID = 4,026 in

Kapasitas Pompa : 423,098 gpm

Head Pompa :

Friction Head = 4,70 m

Pressure Head = -2,00 m

Velocity Head = 0,00 m

Static Head = 7,71 m

Putaran Pompa :

Kecepatan Putaran = 1.750 rpm

Efisiensi Motor = 0,88

Motor Standard = 5,00 Hp

Harga : $ 1.094

3.2.26. Pompa 03 (P – 03)

Tugas : Mengalirkan Asam akrilat dari Tangki menuju Reaktor dengan kecepatan 4.272,67 kg/j

Tipe : Pompa *Centrifugal*

Pemilihan Pipa :

IPS = 0,8

Sch No = 40

OD = 1,050 in

ID = 0,824 in

Kapasitas Pompa : 17,925 gpm

Head Pompa :

Friction Head = 19,58 m

Pressure Head = 9,89 m

Velocity Head = 0,00 m

Static Head = 1,55 m

Putaran Pompa :

Kecepatan Putaran = 1.750 rpm

Efisiensi Motor = 0,88

Motor Standard = 5,00 Hp

Harga : $ 865

3.2.27. Pompa 04 (P – 04)

Tugas : Mengalirkan Metanol dari tangki menuju Reaktor dengan kecepatan 1.906,14 kg/j

Tipe : Pompa *Centrifugal*

Pemilihan Pipa :

IPS = 0,5

Sch No = 40

OD = 0,840 in

ID = 0,622 in

Kapasitas Pompa : 10,575 gpm

Head Pompa :

Friction Head = 35,57 m

Pressure Head = 18,32 m

Velocity Head = 0,00 m

Static Head = 1,55 m

Putaran Pompa :

Kecepatan Putaran = 1.750 rpm

Efisiensi Motor = 0,88

Motor Standard = 5,00 Hp

Harga : $ 738

3.2.28. Pompa 05 (P – 05)

Tugas : Mengalirkan hasil keluaran *Acummulator* menuju MD 1 dengan kecepatan 9.539,67 kg/j

Tipe : Pompa *Centrifugal*

Pemilihan Pipa :

IPS = 1,5

Sch No = 40

OD = 1,950 in

ID = 1,610 in

Kapasitas Pompa : 42,235 gpm

Head Pompa :

Friction Head = 5,80 m

Pressure Head = 0,05 m

Velocity Head = 0,00 m

Static Head = 17,47 m

Putaran Pompa :

Kecepatan Putaran = 1.750 rpm

Efisiensi Motor = 0,88

Motor Standard = 1,50 Hp

Harga : $ 1.145

3.2.29. Pompa 06 (P – 06)

Tugas : Mengalirkan hasil keluaran keluaran *Reboiler* MD 1 menuju Reaktor dengan kecepatan 3.861,00 kg/j

Tipe : Pompa *Centrifugal*

Pemilihan Pipa :

IPS = 0,8

Sch No = 40

OD = 1,050 in

ID = 0,824 in

Kapasitas Pompa : 15,462 gpm

Head Pompa :

Friction Head = 21,39 m

Pressure Head = 16,79 m

Velocity Head = 0,00 m

Static Head = 2,55 m

Putaran Pompa :

Kecepatan Putaran = 1.750 rpm

Efisiensi Motor = 0,88

Motor Standard = 1,00 Hp

Harga : $ 789

3.2.30. Pompa 07 (P – 07)

Tugas : Mengalirkan hasil keluaran *Accumulator* MD 2 menuju MD 3 dengan kecepatan 13.472,22 kg/j

Tipe : Pompa *Centrifugal*

Pemilihan Pipa :

IPS = 1,5

Sch No = 40

OD = 1,900 in

ID = 1,610 in

Kapasitas Pompa : 64,673 gpm

Head Pompa :

Friction Head = 13,27 m

Pressure Head = -0,30 m

Velocity Head = 0,00 m

Static Head = 9,91 m

Putaran Pompa :

Kecepatan Putaran = 1.750 rpm

Efisiensi Motor = 0,88

Motor Standard = 3,00 Hp

Harga : $ 1.247

3.2.31. Pompa 08 (P – 08)

Tugas : Mengalirkan hasil keluaran *Reboiler* MD 2 menuju UPL dengan kecepatan 11.28,31 kg/j

Tipe : Pompa *Centrifugal*

Pemilihan Pipa :

IPS = 1,5

Sch No = 40

OD = 0,840 in

ID = 0,622 in

Kapasitas Pompa : 4,968 gpm

Head Pompa :

Friction Head = 8,39 m

Pressure Head = -4,07 m

Velocity Head = 0,00 m

Static Head = 4,00 m

Putaran Pompa :

Kecepatan Putaran = 1.750 rpm

Efisiensi Motor = 0,88

Motor Standard = 0,50 Hp

Harga : $ 25

3.2.32. Pompa 09 (P – 09)

Tugas : Mengalirkan hasil keluaran *Accumulator* MD 3 menuju Reaktor dengan kecepatan 7.817,76 kg/j

Tipe : Pompa *Centrifugal*

Pemilihan Pipa :

IPS = 1,0

Sch No = 40

OD = 1,320 in

ID = 1,049 in

Kapasitas Pompa : 43,207 gpm

Head Pompa :

Friction Head = 41,41 m

Pressure Head = 23,93 m

Velocity Head = 0,00 m

Static Head = 2,55 m

Putaran Pompa :

Kecepatan Putaran = 1.750 rpm

Efisiensi Motor = 0,88

Motor Standard = 5,00 Hp

Harga : $ 1.069

3.2.33. Pompa 10 (P – 10)

Tugas : Mengalirkan hasil keluaran *Reboiler* MD 3 menuju Tangki Penyimpanan Metil Akrilat dengan kecepatan 5.050,50 kg/j

Tipe : Pompa *Centrifugal*

Pemilihan Pipa :

IPS = 1,0

Sch No = 40

OD = 1,320 in

ID = 1,049 in

Kapasitas Pompa : 23,267 gpm

Head Pompa :

Friction Head = 12,66 m

Pressure Head = -2,00 m

Velocity Head = 0,00 m

Static Head = 7,99 m

Putaran Pompa :

Kecepatan Putaran = 1.750 rpm

Efisiensi Motor = 0,88

Motor Standard = 0,75 Hp

Harga : $ 916

3.2.34. Pompa 11 (P – 11)

Tugas : Mengalirkan hasil keluaran Tangki penyimpanan metil Akrilat menuju mobil tangki dengan kecepatan 5.050,50 kg/j

Tipe : Pompa *Centrifugal*

Pemilihan Pipa :

IPS = 4,0

Sch No = 40

OD = 4,500 in

ID = 4,026 in

Kapasitas Pompa : 423,098 gpm

Head Pompa :

Friction Head = 6,08 m

Pressure Head = -4,00 m

Velocity Head = 0,00 m

Static Head = 4,00 m

Putaran Pompa :

Kecepatan Putaran = 1.750 rpm

Efisiensi Motor = 0,88

Motor Standard = 5,00 Hp

Harga : $ 1.094

3.3. Perencanaan Produksi

3.3.1. Analisis Kebutuhan Bahan Baku

Analisis kebutuhan bahan baku berkaitan dengan ketersedian bahan baku terhadap kebutuhan kapasitas pabrik. Bahan baku asam akrilat diperoleh dari pabrik PT. *Nippon Shokubai* di Cilegon, Banten untuk metanol bahan didapatkan dari pabrik PT. Petrona Inti Chemindo, Tangerang-Banten.

Tabel 3.1 Kebutuhan bahan baku

Komponen (kg/jam)	Kebutuhan bahan baku (ton/tahun)	Rerata ketersedian bahan baku (ton/tahun)
Metanol Kebutuhan = 1.906,14	15.096,67	70.000
Asam Akrilat Kebutuhan = 4.272,68	33.839,60	80.000

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa ketersediaan bahan baku propilen dapat memenuhi kebutuhan pabrik, atau dengan kata lain ketersediaan bahan baku aman untuk proses produksi.

3.3.2. Analisis Kebutuhan Peralatan Proses

Analisis kebutuhan peralatan proses meliputi kemampuan peralatan untuk proses dan umur atau jam kerja peralatan dan perawatannya. Dengan adanya analisis kebutuhan peralatan proses maka akan dapat diketahui anggaran yang diperlukan untuk peralatan proses, baik pembelian maupun perawatannya.

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1. Lokasi Pabrik

Ketepatan pemilihan lokasi suatu pabrik harus direncanakan dengan baik dan tepat. Kemudahan dalam pengoperasian pabrik dan perencanaan di masa depan merupakan faktor – faktor yang perlu mendapat perhatian dalam penetapan lokasi suatu pabrik. Hal tersebut menyangkut faktor produksi dan distribusi dari produk yang dihasilkan. Lokasi pabrik harus menjamin biaya transportasi dan produksi yang seminimal mungkin, disamping beberapa faktor lain yang mesti dipertimbangkan misalnya pengadaan bahan baku, utilitas, dan lain – lain. Oleh karena itu pemilihan dan penentuan lokasi pabrik yang tepat merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam suatu perencanaan pabrik.

Berdasarkan pertimbangan diatas, maka ditentukan rencana pendirian pabrik metil akrilat ini berlokasi di daerah Cilegon, Banten. Faktor – faktor yang menjadi dasar pertimbangan dalam menentukan lokasi pabrik adalah sebagai berikut :

4.1.1. Penyediaaan Bahan Baku

Sumber bahan baku merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi pemilihan lokasi pabrik. Untuk menekan biaya penyediaan bahan baku, maka pabrik metil akrilat didirikan dekat penghasil utama bahan baku (asam akrilat), yaitu pabrik asam akrilat milik PT. *Nippon Shokubai* Indonesia di Cilegon, Banten dengan kapasitas produksi etilen 80.000 ton/tahun.

4.1.2. Pemasaran Produk

Daerah Cilegon adalah daerah industri kimia yang besar dan terus berkembang dengan pesat. Hal ini menjadikan Cilegon sebagai pasar yang baik bagi metil akrilat. Untuk pemasaran hasil produksi dapat dilakukan melalui jalan darat maupun jalan laut. Metil akrilat yang dihasilkan dapat dipasarkan untuk industri-industri kertas, tekstil dan cat yang juga berada di Cilegon, Banten. Disamping itu, dekatnya lokasi pabrik dengan pelabuhan laut Banten akan mempermudah pemasaran produk.

4.1.3. Utilitas

Penyediaan air untuk utilitas mudah dan murah karena kawasan ini dekat dengan sungai dan laut. Sarana yang lain seperti bahan bakar dan listrik dapat diperoleh dengan mudah karena dekat dengan Pertamina dan PLTU

4.1.4. Transportasi

Sarana transportasi untuk keperluan pengangkutan bahan baku dan pemasaran produk dapat ditempuh melalui jalur darat maupun laut. Pelabuhan dapat dijadikan tempat berlabuh untuk kapal yang mengangkut bahan baku maupun produk. Dengan tersedianya sarana baik darat maupun laut maka diharapkan kelancaran kegiatan proses produksi, serta kelancaran pemasaran baik pemasaran domestik maupun internasional.

4.1.5. Tenaga Kerja

Tenaga kerja yang dibutuhkan pada pabrik ini meliputi tenaga kerja terdidik, terampil maupun tenaga kasar. Tenaga kerja tersebut dapat diperoleh dari daerah sekitar lokasi pabrik dan luar daerah.

4.1.6. Keadaan Iklim

Lokasi yang dipilih merupakan lokasi yang cukup stabil karena memiliki iklim rata-rata yang cukup baik. Seperti daerah lain di Indonesia yang beriklim tropis dengan temperatur udara berkisar 20 – 30 ^{o}C. Bencana alam seperti gempa bumi, tanah longsor maupun banjir besar jarang terjadi sehingga operasi pabrik dapat berjalan lancar.

4.1.7. Faktor Penunjang Lain

Cilegon merupakan daerah kawasan industri yang telah ditetapkan oleh pemerintah, sehingga faktor-faktor seperti: tersedianya energi listrik, bahan bakar, air, iklim dan karakter tempat/lingkungan bukan merupakan suatu kendala karena semua telah dipertimbangkan pada penetapan kawasan tersebut sebagai kawasan industri.

Dengan pertimbangan di atas maka dapat disimpulkan bahwa kawasan Cilegon layak dijadikan pabrik metil akrilat di Indonesia.

4.2. Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik adalah tempat kedudukan dari bagian-bagian pabrik yang meliputi tempat bekerjanya karyawan, tempat peralatan, tempat penyimpanan bahan baku dan produk, dan sarana lain seperti utilitas, taman dan tempat parkir. Secara garis besar *lay out* pabrik dibagi menjadi beberapa daerah utama, yaitu:

4.2.1. Daerah Administrasi/Perkantoran dan Laboratorium

Daerah administrasi merupakan pusat kegiatan administrasi pabrik yang mengatur kelancaran operasi. Laboratorium sebagai pusat pengendalian kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses serta produk yang akan yang dijual.

4.2.2. Daerah Proses dan Ruang Kontrol

Merupakan daerah tempat alat-alat proses diletakkan dan proses berlangsung. Ruang *control* sebagai pusat pengendalian berlangsungnya proses.

4.2.3. Daerah Pergudangan, Umum, Bengkel, dan Garasi

4.2.4. Daerah Utilitas dan *Power Station*

Merupakan daerah dimana kegiatan penyediaan air dan tenaga listrik dipusatkan. Adapun perincian luas tanah sebagai bagunan pabrik dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.1 Perincian luas tanah dan bangunan pabrik

Lokasi	**Luas, m^2**
Pos Penjagaan	270
Area Parkir	26.000
Kantor	2.382
Tempat Ibadah	585
Kantin dan Koprasi Karyawan	484
Poliklinik	484
Gedung Pertemuan	2.500
Laboratorium	277
Gedung Logistik 1	858
Gedung Logistik 2	900
Gudang	511
Bengkel	858
Area Tangki 1	551

Tabel 4.1 Perincian luas tanah dan bangunan pabrik

Lokasi	**Luas, m^2**
Area Tangki 2	2.382
Area Tangki 3	1.723
Area Proses Produksi	1.772
UPL	941
Area Utilitas	807

4.3. Tata Letak Alat Proses

Dalam perancangan tata letak peralatan proses pada pabrik ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

4.3.1. Aliran Bahan Baku dan Produk

Jalannya aliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi.

4.3.2. Aliran Udara

Aliaran udara di dalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan kelancarannya. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat berupa penumpukan atau akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan pekerja, selain itu perlu memperhatikan arah hembusan angin.

4.3.3. Pencahayaan

Penerangan seluruh pabrik harus memadai. Pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau berisiko tinggi harus diberi penerangan tambahan.

4.3.4. Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan

Dalam perancangan *lay out* peralatan, perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah agar apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki, selain itu keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

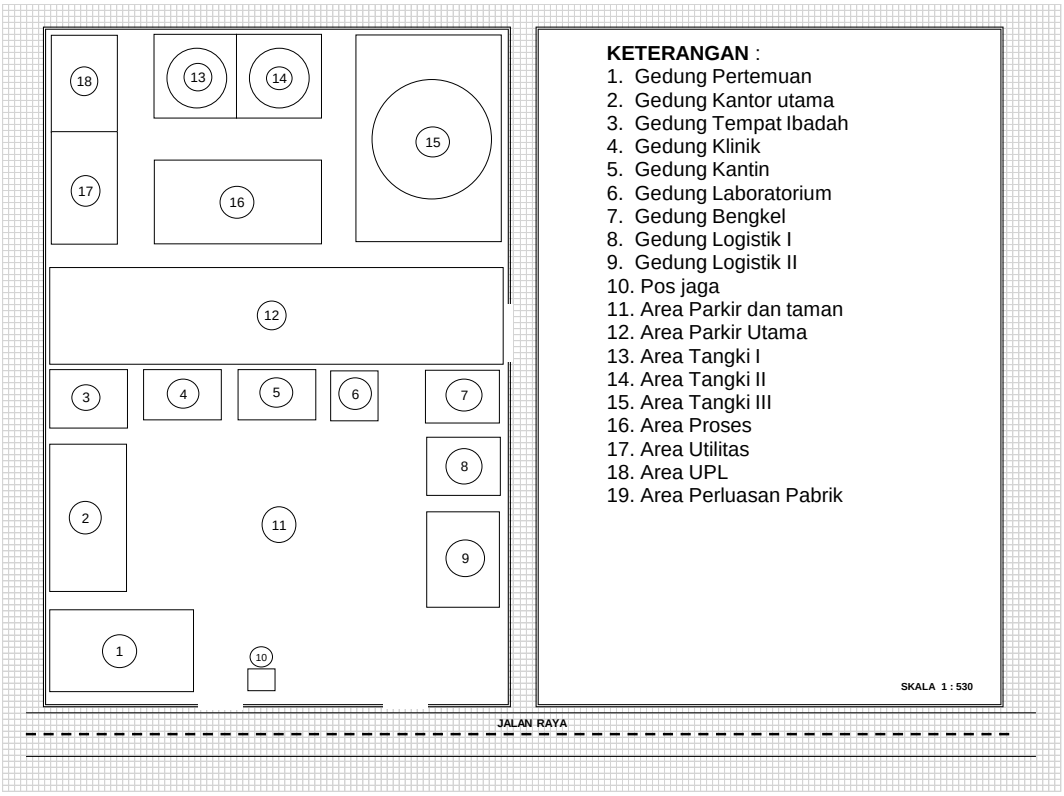
4.3.5. Pertimbangan Ekonomi

Dalam menempatkan alat-alat proses pada pabrik diusahakan agar dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran serta keamanan produksi pabrik sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi.

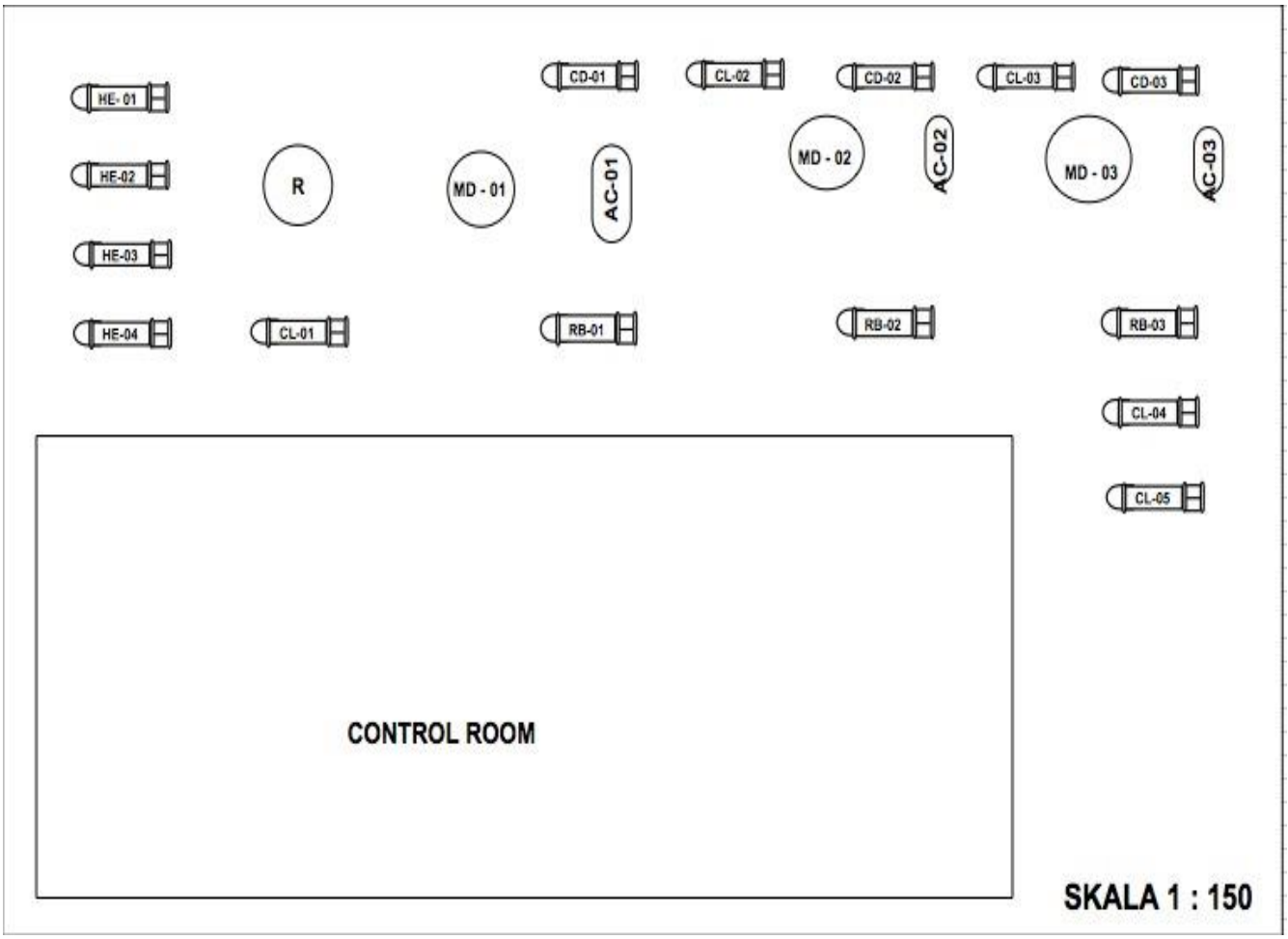
4.3.6. Jarak Antar Alat Proses

Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi tinggi, sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut, tidak membahayakan alat-alat proses lainnya.

LAY OUT PABRIK METIL AKRILAT



Gambar 4.1 Tata Letak Pabrik



Gambar 4.2 Tata Letak Alat Proses Pabrik

4.4. Alir Proses dan Material

4.4.1. Neraca Massa

4.4.1.1. Neraca Massa Total

Tabel 4.2 Neraca Massa Total

Komponen	Masuk, kg/jam	Keluar, kg/jam
CH3OH	1.887,083	17,175
C2H3COOH	4.229,949	22,655
C2H3COOCH3	0	5.025,379
H2O	61,788	1.113,612
H2SO4	0	0
TOTAL	**6.178,821**	**6.178,821**

4.4.1.2. Neraca Massa per Alat

4.4.1.2.1 Reaktor Alir Tangki Berpengaduk(R)

Tabel 4.3 Neraca Massa Reaktor

Komponen	Masuk, kg/jam	Keluar, kg/jam
CH3OH	3.452,139	1.582,230
C2H3COOH	6.472,761	2.265,466
C2H3COOCH3	50,505	5.075,885
H2O	1.365,340	2.408,164
H2SO4	323,638	323,638
TOTAL	**11.655,383**	**11.655,383**

4.4.1.2.2 Menara Distilasi 1 (MD 1)

Tabel 4.4 Neraca Massa Menara Distilasi 1

Komposisi	**Input (kg/jam)**	**Output (kg/jam)**	
		Hasil atas	**Hasil bawah**
CH3OH	1.582,230	1.582,230	0
C2H3COOCH3	5.075,885	5.075,885	0
H2O	2.408,164	1.113,612	1.294,552
C2H3COOH	2.265,466	22,655	2.242,812
H2SO4	323,638	0	323,638
TOTAL	**11.655,383**	**11.655,383**	

4.4.1.2.3 Menara Distilasi 2 (MD 2)

Tabel 4.5 Neraca Massa Menara Distilasi 2

Komposisi	**Input (kg/jam)**	**Output (kg/jam)**	
		Hasil atas	**Hasil bawah**
CH3OH	1.582,230	1.582,230	0
C2H3COOCH3	5.075,885	5.050,505	25,379
H2O	1.113,612	33,330	1.080,282
C2H3COOH	22,655	0	22,655
H2SO4	0	0	0
TOTAL	**7.794,381**	**7.794,381**	

4.4.1.2.4 Menara Distilasi 3 (MD 3)

Tabel 4.6 Neraca Massa Menara Distilasi 3

Komposisi	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
		Hasil atas	Hasil bawah
CH3OH	1.582,230	1.565,056	17,175
C2H3COOCH3	5.050,505	50,505	5.000
H2O	33,330	0	33,330
C2H3COOH	0	0	0
H2SO4	0	0	0
TOTAL	**6.666,066**	**6.666,066**	

4.4.2. Neraca Panas

Suhu referensi = 25^{o}C

4.4.2.1. Reaktor

Tabel 4.7 Neraca Panas Reaktor

Komponen	ΔH in (kJ/jam)	ΔH out (kJ/jam)
CH3OH	18.480,066	5.4303,363
C2H3COOOH	181.267,368	63.443,578
C2H3COOCH3	1.260,281	126.661,266
H2O	74.211,713	131.761,891
H2SO4	6.215,234	6.215,234
Panas Reaksi	519.395,719	

Tabel 4.7 Lanjutan neraca Panas Reaktor

Komponen	**ΔH in (kJ/jam)**	**ΔH out (kJ/jam)**
Panas yang di ambil		518.445,031
Total	**900.830,375**	**900.830,375**

4.4.2.2. Menara Distilasi 1 (MD 1)

Tabel 4.8 Neraca Panas Menara Distilasi 1

Komponen	**Masuk**	**Keluar**	
		Destilat	**Bottom**
	H, kJ/jam	**H, kJ/jam**	**H, kJ/jam**
CH3OH	66.410,953	61.541,078	0
C2H3COOCH3	154.854,641	143.517,578	0
H2O	159.724,453	68.687,828	114.555,477
C2H3COOH	77.431,844	718,160	103.499,102
H2SO4	7.570,571	0	10.175,406
Panas yang keluar	0	1.768.110,63	
Panas yang di ambil	0	-1.804.812,750	
Total	**465.992,469**	**465.992,469**	

4.4.2.3. Menara Distilasi 2 (MD 2)

Tabel 4.9 Neraca Panas Menara Distilasi 2

Komponen	**Masuk**	**Keluar**	
		Destilat	**Bottom**
	H, kJ/jam	**H, kJ/jam**	**H, kJ/jam**
CH3OH	57.695,965	48.754,789	0
C2H3COOCH3	134.563,484	113.164,813	943,229
H2O	64.576,980	1.644,015	86.415,844
C2H3COOH	673,718	0	940,910
H2SO4	0	0	0
Panas yang keluar	0	1.781.723,75	
Panas yang di ambil	0	-1.776.077,250	
Total	**257.510,141**	**257.510,141**	

4.4.2.4. Menara Distilasi 3 (MD 3)

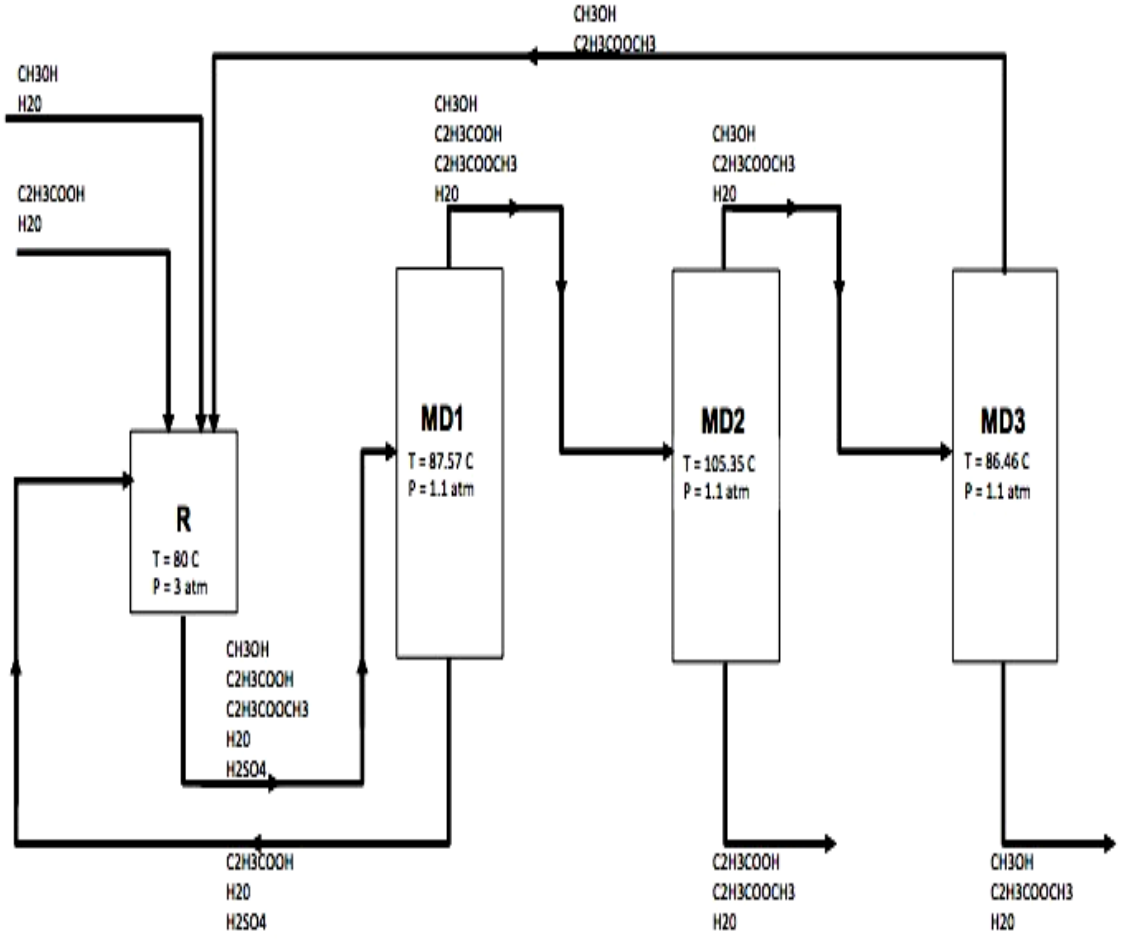
Tabel 4.10 Neraca panas menara distilasi 3

Komponen	**Masuk**	**Keluar**	
		Destilat	**Bottom**
	H, kJ/jam	**H, kJ/jam**	**H, kJ/jam**
CH3OH	49.961,023	38.519,719	661,899
C2H3COOCH3	115.961,578	904,067	140.080,438
H2O	1.683,192	0	2.037,844

Tabel 4.10 Lanjutan neraca panas menara distilasi 3

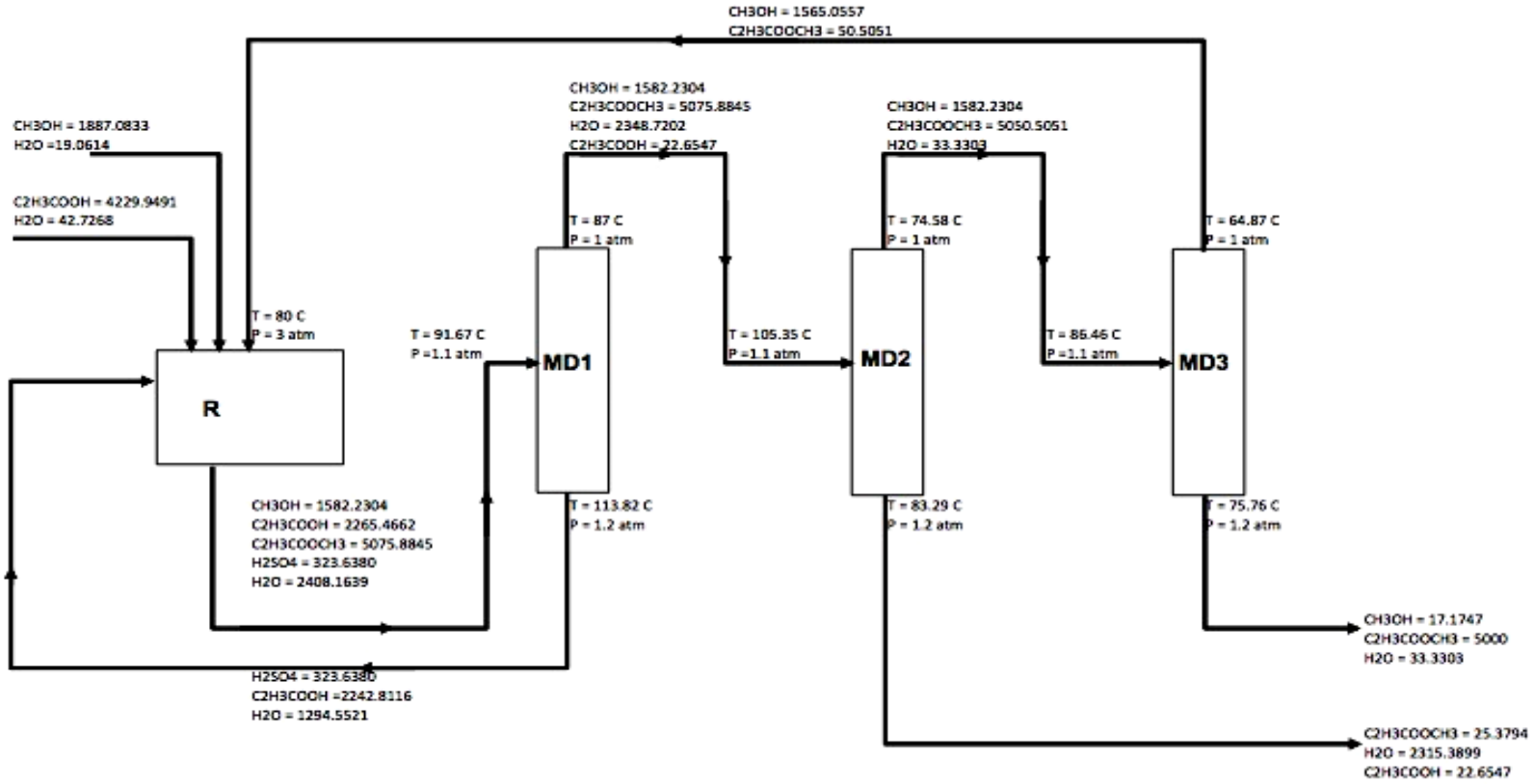
Komponen	**Masuk**	**Keluar**	
		Destilat	**Destilat**
	H, kJ/jam	**H, kJ/jam**	**H, kJ/jam**
C2H3COOH	0	0	0
H2SO4	0	0	0
Panas yang keluar	0	2.002.479,00	
Panas yang di ambil	0	-2.017.077,125	
Total	**167.605,797**	**167.605,797**	

4.4.3 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 4.3 Diagram alir kualitatif pabrik metil akrilat

4.4.4 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 4.4 Diagram alir kuantitatif pabrik metil akrilat

4.5. Perawatan (*Maintenance)*

Maintenance berguna untuk menjaga saran atau fasilitas peralatan pabrik dengan cara pemeliharaan dan perbaikan alat agar produksi dapat berjalan dengan lancar dan produktifitas menjadi tinggi sehingga akan tercapai target produksi dan spesifikasi produk yang diharapkan.

Perawatan preventif dilakukan setiap hari untuk menjaga dari kerusakan alat dan kebersihan lingkungan alat. Sedangkan perawatan periodik dilakukan secara terjadwal sesuai dengan buku petunjuk yang ada. Penjadwalan tersebut dibuat sedemikian rupa sehingga alat-alat mendapat perawatan khusus secara bergantian. Alat - alat berproduksi secara kontinyu dan akan berhenti jika terjadi kerusakan.

Perawatan alat - alat proses dilakukan dengan prosedur yang tepat. Hal ini dapat dilihat dari penjadwalan yang dilakukan pada setiap alat. Perawatan mesin tiap-tiap alat meliputi :

1. *Over head* 1 x 1 tahun

   Merupakan perbaikan dan pengecekan serta *leveling* alat secara keseluruhan meliputi pembongkaran alat, pergantian bagian-bagian alat yang sudah rusak, kemudian kondisi alat dikembalikan seperti kondisi semula.

2. *Repairing*

   Merupakan kegiatan *maintenance* yang bersifat memperbaiki bagian-bagian alat. Hal ini biasanya dilakukan setelah pemeriksaan.

   Faktor-faktor yang mempengaruhi *maintenance*:

   a. Umur alat

Semakin tua umur alat semakin banyak pula perawatan yang harus diberikan yang menyebabkan bertambahnya biaya perawatan.

b. Bahan baku

Penggunaan bahan baku yang kurang berkualitas akan meyebabkan kerusakan alat sehingga alat akan lebih sering dibersihkan.

c. Tenaga manusia

Pemanfaatan tenaga kerja terdidik, terlatih dan berpengalaman akan menghasilkan pekerjaan yang baik pula.

4.6. Pelayanan Teknik (Utilitas)

Untuk mendukung proses dalam suatu pabrik diperlukan sarana penunjang yang penting demi kelancaran jalannya proses produksi. Sarana penunjang merupakan sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai yang diinginkan.

Salah satu faktor yang menunjang kelancaran suatu proses produksi didalam pabrik yaitu penyediaan utilitas. Penyediaan utilitas ini meliputi :

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
2. Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)
3. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
4. Unit Penyedia Udara Instrumen (*Instrument Air System*)
5. Unit Penyediaan Bahan Bakar

4.6.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)

4.6.1.1 Unit Penyediaan Air

Untuk memenuhi kebutuhan air suatu pabrik pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut sebagai sumbernya. Dalam perancangan pabrik metil akrilat ini, sumber air yang digunakan berasal dari air sungai Sangatta. Adapun penggunaan air sungai sebagai sumber air dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana dan biaya pengolahan relatif murah dibandingkan dengan proses pengolahan air laut yang lebih rumit dan biaya pengolahannya umumnya lebih besar.
2. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari.
3. Jumlah air sungai lebih banyak dibanding dari air sumur.
4. Letak sungai berada tidak jauh dari lokasi pabrik.

Air yang diperlukan di lingkungan pabrik digunakan untuk :

1. Air pendingin

   Pada umumnya air digunakan sebagai media pendingin karena faktor-faktor berikut :

   a. Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar.
   b. Mudah dalam pengolahan dan pengaturannya.
   c. Dapat menyerap jumlah panas yang relatif tinggi persatuan volume.
   d. Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan adanya perubahan temperatur pendingin.

e. Tidak terdekomposisi.

2. Air Umpan Boiler (*Boiler Feed Water*)

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

a. Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi.

Korosi yang terjadi dalam boiler disebabkan air mengandung larutan-larutan asam, gas-gas terlarut seperti O_2, CO_2, H_2S dan NH_3. O_2 masuk karena aerasi maupun kontak dengan udara luar.

b. Zat yang dapat menyebabkan kerak (*scale forming*).

Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silika.

c. Zat yang menyebabkan *foaming*.

Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foaming* pada boiler karena adanya zat-zat organik yang tak larut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalitas tinggi.

3. Air sanitasi.

Air sanitasi adalah air yang akan digunakan untuk keperluan sanitasi. Air ini antara lain untuk keperluan perumahan, perkantoran laboratorium, masjid. Air sanitasi harus memenuhi kualitas tertentu, yaitu:

a. Syarat fisika, meliputi:

1) Suhu : Di bawah suhu udara

2) Warna : Jernih

3) Rasa : Tidak berasa

4) Bau : Tidak berbau

b. Syarat kimia, meliputi:

1) Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air.

2) Tidak mengandung bakteri.

4.6.1.2 Unit Pengolahan Air

Tahapan - tahapan pengolahan air adalah sebagai berikut :

1. Clarifier

Kebutuhan air dalam suatu pabrik dapat diambil dari sumber air yang ada di sekitar pabrik dengan mengolah terlebih dahulu agar memenuhi syarat untuk digunakan. Pengolahan tersebut dapat meliputi pengolahan secara fisika dan kimia, penambahan *desinfektan* maupun dengan penggunaan *ion exchanger*.

Mula-mula *raw water* diumpankan ke dalam tangki kemudian diaduk dengan putaran tinggi sambil menginjeksikan bahan-bahan kimia, yaitu:

a. $Al_2(SO_4)_3.18H_2O$, yang berfungsi sebagai flokulan.

b. Na_2CO_3, yang berfungsi sebagai flokulan.

Air baku dimasukkan ke dalam *clarifier* untuk mengendapkan lumpur dan partikel padat lainnya, dengan menginjeksikan alum ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$), koagulan acid sebagai pembantu pembentukan flok

dan NaOH sebagai pengatur pH. Air baku ini dimasukkan melalui bagian tengah *clarifier* dan diaduk dengan *agitator*. Air bersih keluar dari pinggir *clarifier* secara *overflow*, sedangkan *sludge* (flok) yang terbentuk akan mengendap secara gravitasi dan di *blowdown* secara berkala dalam waktu yang telah ditentukan. Air baku yang mempunyai *turbidity* sekitar 42 ppm diharapkan setelah keluar *clarifier turbidity*-nya akan turun menjadi lebih kecil dari 10 ppm.

2. Penyaringan

   Air dari *clarifier* dimasukkan ke dalam *sand filter* untuk menahan/ menyaring partikel - partikel *solid* yang lolos atau yang terbawa bersama air dari *clarifier*. Air keluar dari *sand filter* dengan *turbidity* kira - kira 2 ppm, dialirkan ke dalam suatu tangki penampung (*filter water reservoir*).

   Air bersih ini kemudian didistribusikan ke menara air dan unit demineralisasi. *Sand filter* akan berkurang kemampuan penyaringannya. Oleh karena itu perlu diregenerasi secara periodik dengan *back washing*.

3. Demineralisasi

   Untuk umpan ketel (*boiler*) dibutuhkan air murni yang memenuhi persyaratan bebas dari garam - garam murni yang terlarut. Proses demineralisasi dimaksudkan untuk menghilangkan ion - ion yang terkandung pada *filtered water* sehingga konduktivitasnya dibawah 0,3 Ohm dan kandungan *silica* lebih kecil dari 0,02 ppm.

Adapun tahap-tahap proses pengolahan air untuk umpan ketel adalah sebagai berikut :

a. *Cation Exchanger*

Cation exchanger ini berisi resin pengganti kation dimana pengganti kation-kation yang dikandung di dalam air diganti dengan ion H^+ sehingga air yang akan keluar dari *cation exchanger* adalah air yang mengandung anion dan ion H^+.

Sehingga air yang keluar dari *cation tower* adalah air yang mengandung anion dan ion H^+.

Reaksi:

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

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

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

Dalam jangka waktu tertentu, kation resin ini akan jenuh sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan asam sulfat.

Reaksi:

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

b. *Anion Exchanger*

Anion exchanger berfungsi untuk mengikat ion-ion negatif (anion) yang terlarut dalam air, dengan resin yang bersifat basa, sehingga anion-anion seperti CO_3^{2-}, Cl^- dan SO_4^{2-} akan membantu garam resin tersebut.

Reaksi:

CO_3^- ⟶ CO_3

$Cl^- + RNOH$ ⟶ $RN\ Cl^- + OH^-$

Dalam waktu tertentu, anion resin ini akan jenuh, sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan larutan NaOH.

Reaksi:

$RN\ Cl^- + NaOH$ ⟶ $RNOH + NaCl$

c. Deaerasi

Dearasi adalah proses pembebasan air umpan ketel dari oksigen (O_2). Air yang telah mengalami demineralisasi (*polish water*) dipompakan ke dalam *deaerator* dan diinjeksikan *hidrazin* (N_2H_4) untuk mengikat oksigen yang terkandung dalam air sehingga dapat mencegah terbentuknya kerak (*scale*) pada *tube boiler*.

Reaksi:

$2N_2H_2 + O_2$ ⟶ $2H_2O + 2N_2$

Air yang keluar dari deaerator ini dialirkan dengan pompa sebagai air umpan *boiler* (*boiler feed water*).

4.6.1.3 Kebutuhan Air

1. Kebutuhan air pembangkit steam

Tabel 4.11 Kebutuhan air pembangkit steam

Nama alat	Jumlah (kg/jam)
RB-01	17.925,248
RB-02	17.639,863

Tabel 4.11 Lanjutan kebutuhan air pembangkit steam

Nama alat	**Jumlah (kg/jam)**
RB-03	20.033,441
HE-01	688,252
HE-02	596,112
HE-03	488,932
HE-04	154,268
TOTAL	**57.526,117**

Tabel 4.12 Kebutuhan air pendingin

Nama alat	**Jumlah (kg/jam)**
CL-01	3.298,194
CL-02	3.268,454
CL-03	5.154,625
CD-01	88.405,531
CD-02	89.086,188
CD-03	100.123,953
TOTAL	**317.451,813**

2. Air untuk perkantoran dan rumah tangga

   Dianggap 1 orang membutuhkan air = 10 kg/jam

   Jumlah karyawan + Keluarga = ± 460 orang

Tabel 4.13 Kebutuhan air untuk perkantoran dan rumah tangga

No.	**Alat yang memerlukan**	**Jumlah Kebutuhan (kg/jam)**
1	Konsumsi	4.600
2	Laboratorium	460
3	Bengkel	460
∑		**5.520**

Kebutuhan air total

= (317.451,81 + 57.526,12 + 5.520) kg/jam

= 380.497,94 kg/jam

2. Air yang hilang

- Jumlah air yang hilang di *Cooling Tower*:

Umpan Air pendingin = 317.451,813 kg/jam

Umpan Udara pendingin = 132.354,875 kg/jam

Panas Penguapan air pada suhu 50 °C = 560 kcal / kg

kelembaban relatif = 70 % dari fig. 49 Brown

kelembaban mutlak = 0,0190 kg H2O/ kg udara

suhu udara keluar dari *Cooling tower* = 35,5 ^{o}C pada keadaan

dengan kelembaban mutlak = 0,0342 kg H2O/ kg udara.

Neraca panas :

Q1 = 793.6295,50 kcal/jam

Q2 = 757.6146,50 kcal/jam

Q3 = 1.538.855,00 kcal/jam

Q4 = 13.973.637,00 kcal/jam

(Q1 + Q2) = (Q3 + Q4)

(7.936.295,50 + 7.576.146,50) = (1.538.855,00 4 + 13.973.637,00)

15.512.442,00 = 15.512.442,00

Jumlah air menguap (Mv) = 9.680,806 kg/jam

Suhu udara = 35,66 °C

Kelembaban udara = 0,0342 kg H_2O / kg udara kering

- Air yang hilang pada saat *blow down Cooling Tower* :

  Air yang hilang = 0,125 . 9.680,806 kg/jam (12,5 %)

  = 1.210,10 kg/jam

- Air yang hilang pada saat *blow down Boiler* :

  Air yang hilang = 0,1 . 57.526,117 kg/jam (10% Steam)

  = 5.752,61 kg/jam

- Air make up sebelum *blowdown Clarifier*

  = 9.680,81 + 5.752,61 + 1.210,10 + 5.520,00 kg/jam

  = 22.163,52 kg/jam

- Air yang hilang pada saat *blow down Clarifier* :

  Air yang hilang = 0,025 x 22.163,52 kg/jam (2,5 %)

  = 554,09 kg/jam

- Air yang hilang karena digunakan :

  Air yang hilang = air rumah tangga + kebutuhan kantor

= 5.520,00 kg/jam

Air yang tidak dapat di-*recycle* (air *make up*):

= (9.680,81 + 5.520 + 554,09 + 5.752,61 + 1.210,10 + kg/jam

= 22.717,605 kg/jam

= 22,718 m^3/jam

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

Unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan *steam* pada proses produksi, yaitu dengan menyediakan ketel uap (*boiler*) dengan spesifikasi:

Kapasitas : 57.526,117 kg/jam

Jenis : *Water Tube boiler*

Jumlah : 1 buah

Kebutuhan *steam* pada pabrik metil akrilat digunakan untuk alat-alat penukar panas. Untuk memenuhi kebutuhan ini digunakan *boiler* dengan jenis *Water Tube boiler* dengan bahan bakar *fuel oil* dilengkapi dengan *drum separator* dengan 25 % *condensat* di-*recycle*.

Tipe *water tube boiler* memiliki karakteristik untuk menghasilkan kapasitas dan tekanan *steam* yang tinggi. Dengan melalui proses pengapian terjadi diluar pipa, kemudian panas yang dihasilkan memanaskan pipa yang berisi air dan sebelumnya air tersebut dikondisikan terlebih dahulu melalui *economizer*, kemudian *steam* yang dihasilkan terlebih dahulu dikumpulkan di dalam sebuah *steam-drum*. Sampai tekanan dan temperatur sesuai, melalui tahap *secondary superheater* dan *primary superheater* baru steam dilepaskan ke pipa utama

distribusi. Didalam pipa air, air yang mengalir harus dikondisikan terhadap mineral atau kandungan lainnya yang larut di dalam air tesebut.

Untuk menjalankan operasi *boiler* ini dibutuhkan bahan bakar, dengan panas yang harus diberikan sebesar 93.307.360,00 Btu/jam sehingga digunakan bahan bakar berjenis *fuel oil* dengan *heating value* 131.000 Btu/gal. Untuk kebutuhan bahan bakar yang akan digunakan yaitu sebesar 2.561,14 kg/jam dan kebutuhan udara sebesar 44.564 kg/jam. Cara kerja pada bahan bakar *fuel oil* ini adalah pemanasan yang terjadi akibat pembakaran antara percampuran bahan bakar cair (solar, IDO, residu, kerosin) dengan oksigen dan sumber panas.

Boiler tersebut dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve* sistem dan pengaman-pengaman yang bekerja secara otomatis.

4.6.3 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Unit ini bertugas untuk menyediakan kebutuhan listrik yang meliputi:

a. Listrik untuk keperluan alat proses = 46,233 kWh
b. Listrik untuk keperluan alat utilitas = 303,499 kWh
c. Listrik untuk instrumentasi dan kontrol = 34,973 kWh
d. Listrik untuk keperluan kantor dan rumah tangga = 75,87 kWh

Dengan kebutuhan listrik sebesar ini dpenuhi dari PLN sebesar 460 kWh, apabila terjadi pemadaman digunakan generator cadangan berkekuatan 350 Hp dengan bahan bakar *diesel oil*. Digunakan 1 buah generator. Dianggap listrik padam 1 kali dalam satu bulan selama 3 jam, sehingga:

Efisiensi motor diesel = 80 %

Efisiensi bahan bakar = 70 %

Tenaga yang disediakan diesel = 350 Hp / 0,8

= 437,5 Hp

Tenaga yang disediakan bahan bakar :

= (437,5 Hp / 0,7) x (0,7457 Kwatt/Hp) x (0,9478 Btu/dt / kVA)

= 441,734 Btu/dt

Spesifikasi Minyak Diesel Oil:

Heating Value = 144 Btu/gal

° API = 22 - 28 °API

Densitas = 0,9 kg / lt

μ = 1,2 cp

Kebutuhan minyak diesel = 0,003068 gal/dt

Kebutuhan minyak diesel selama 1 tahun untuk generator:

= 0,003068 gal/dt x 3600 dt/jam x 3 jam x 12 bulan

= 397,56 galon/tahun

4.6.4 Pengolahan *Boiler* (BLU - 01)

Tugas nya adalah membangkitkan *steam* jenuh tekanan 138,18 psi pada suhu 325,4 °F sebanyak 57.526,117 kg/j

Jenis : *Water Tube Boiler*

Kebutuhan Bahan Bakar : 2.561,14 kg/jam

kebutuhan udara : 44.564 kg/jam

Jumlah : 1 buah

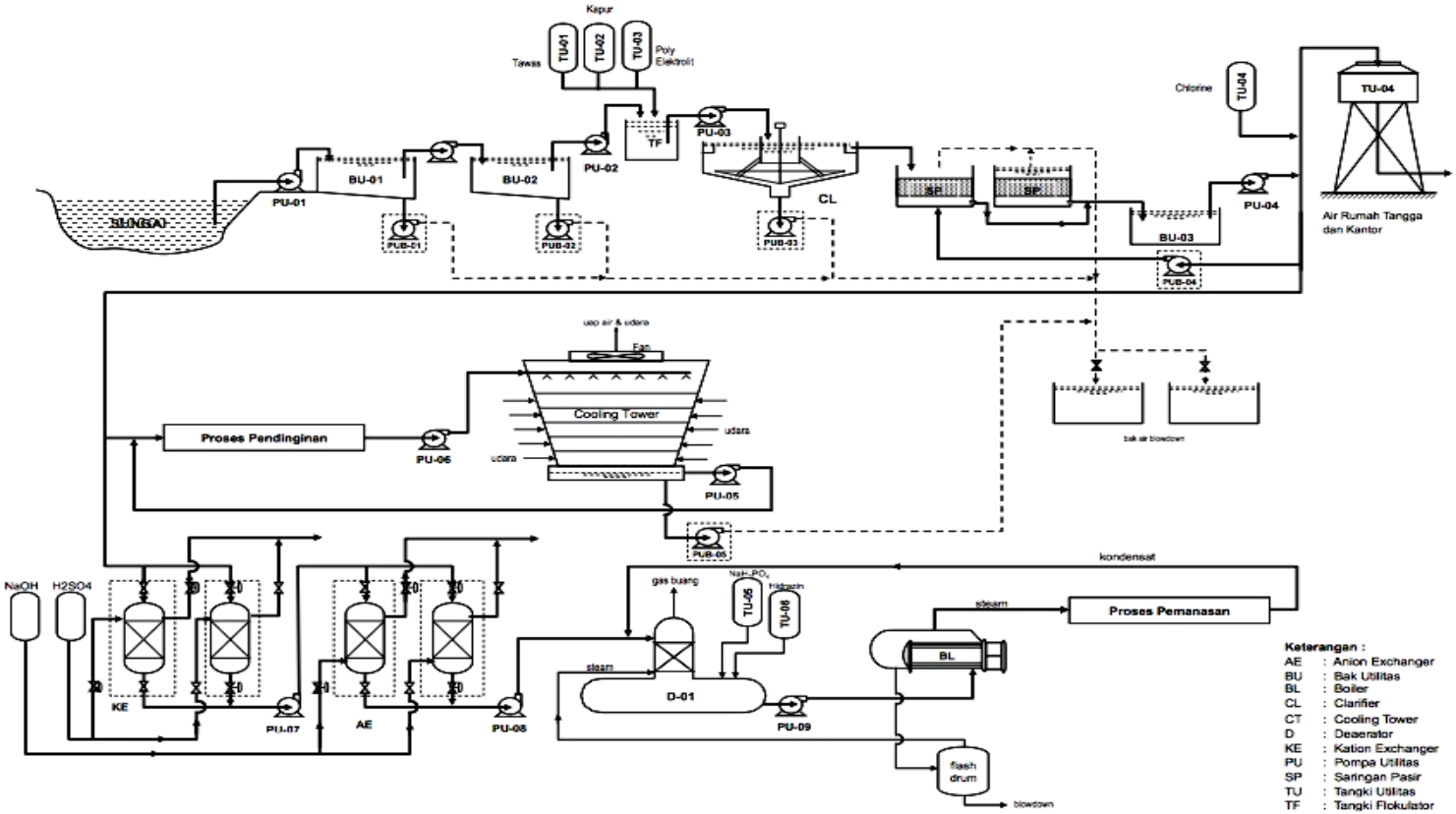
Harga : $ 890,826

4.6.5 Unit Penyediaan Udara Tekan

Udara tekan diperlukan untuk pemakaian alat *pneumatic control*. Total kebutuhan udara tekan diperkirakan 70,244 m^3/jam.

4.6.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Bahan bakar digunakan untuk keperluan pembakaran pada *boiler* dan diesel untuk generator pembangkit listrik. Bahan bakar *boiler* menggunakan *fuel oil* sebanyak 4.330,8913 kg/jam. Bahan bakar diesel menggunakan minyak solar sebanyak 88,6210 kg/jam. Total kebutuhan bahan bakar sebesar 4.419,5123 kg/jam.



Gambar Skema Unit Pengolahan Air

Gambar 4.5 Skema Unit Pengolahan Air

4.7. Struktur Organisasi

4.7.1. Bentuk Perusahaan

Bentuk Perusahaan yang direncanakan pada perancangan pabrik metil akrilat ini adalah Perseroan Terbatas (PT). Perseroan terbatas merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham adalah surat berharga yang dikeluarkan oleh perusahaan atau PT tersebut dan orang yang memiliki saham berarti telah menyetorkan modal keperusahaan, yang berarti pula ikut memiliki perusahaan. Dalam perseroan terbatas pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap-tiap saham.

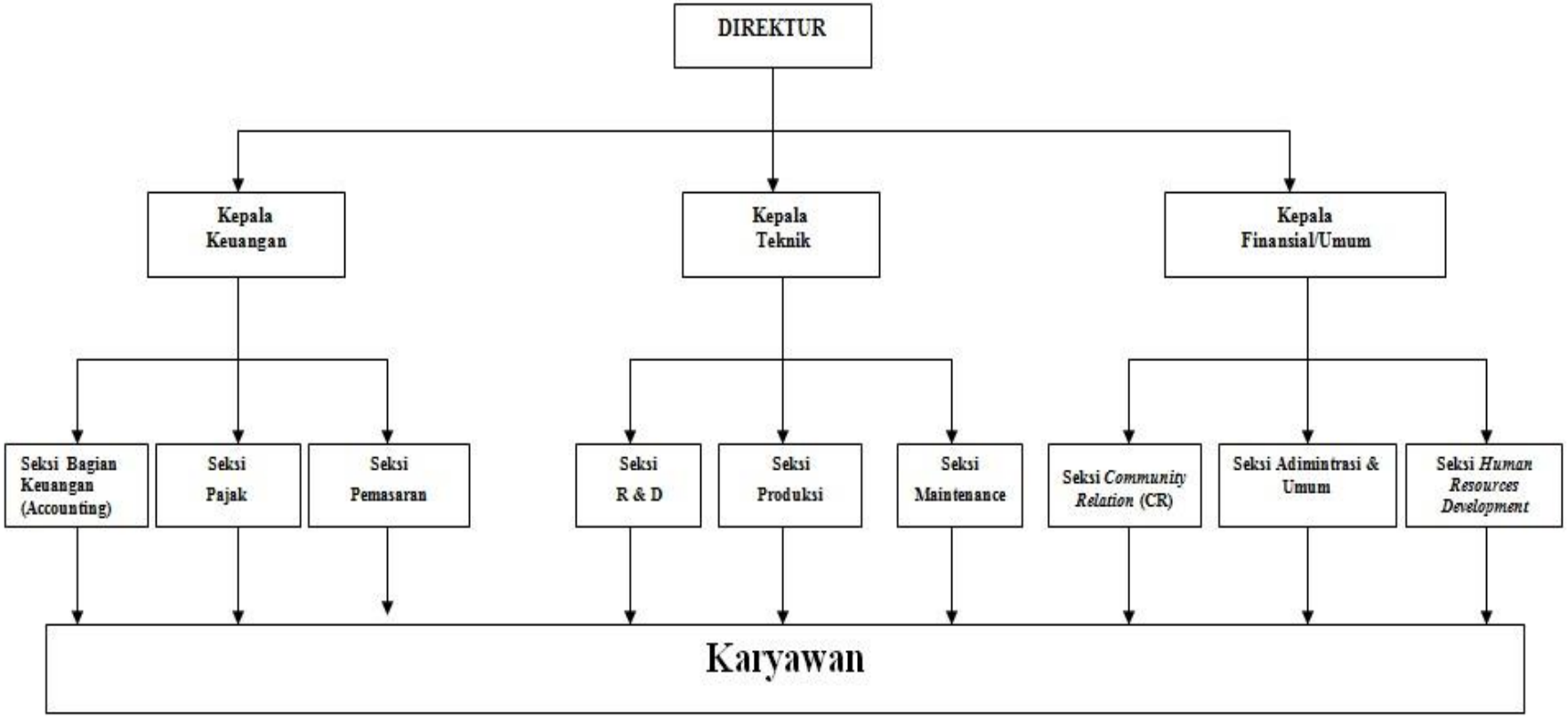
4.7.2. Bentuk Oganisasi

Dalam rangka menjalankan suatu proses pabrik dengan baik dalam hal ini di suatu perusahaan, diperlukan suatu manajemen atau organisasi yang memiliki pembagian tugas dan wewenang yang baik. Struktur organisasi dari suatu perusahaan dapat bermacam-macam sesuai dengan bentuk dan kebutuhan dari masing-masing perusahaan. Jenjang kepemimpinan dalam perusahaan ini adalah sebagai berikut:

a. Pemegang saham
b. Dewan komisaris
c. Direktur Utama
d. Direktur
e. Kepala Bagian
f. Kepala Seksi

g. Karyawan dan Operator

Tanggung jawab, tugas dan wewenang dari masing-masing jenjang kepemimpinan tentu saja berbeda-beda. Tanggung jawab, tugas serta wewenang tertinggi terletak pada puncak pimpinan yaitu dewan komisaris. Sedangkan kekuasaan tertinggi berada pada rapat umum pemegang saham.



Gambar 4.6 Struktur Organisasi Perusahaan

4.7.3. Tugas dan Wewenang

4.7.3.1 Pemegang saham

Pemegang saham (pemilik perusahaan) adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk perseroan terbatas adalah rapat umum pemegang saham. Pada rapat umum tersebut para pemegang saham :

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

4.7.3.2 Direktur

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya dalam hal maju mundurnya perusahaan. Direktur Utama bertanggung jawab atas segala tindakan yang di ambil bawahanya.

4.7.3.3 Kepala Bagian

Secara umum tugas Kepala Bagian adalah mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis-garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala bagian dapat juga bertindak sebagai staff direktur. Kepala bagian ini bertanggung jawab kepada direktur.

4.7.3.4 Kepala Seksi

Kepala seksi adalah pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh para Kepala Bagian masing-masing. Setiap kepala seksi bertanggung jawab terhadap kepala bagian masing-masing sesuai dengan seksinya.

4.7.4. Catatan

4.7.4.1 Cuti Tahunan

Karyawan mempunyai hak cuti tahunan selama 12 hari setiap tahun. Bila dalam waktu 1 tahun hak cuti tersebut tidak dipergunakan maka hak tersebut akan hilang untuk tahun itu.

4.7.4.2 Hari Libur Nasional

Bagi karyawan harian (non shift), hari libur nasional tidak masuk kerja. Sedangkan bagi karyawan shift, hari libur nasional tetap masuk kerja dengan catatan hari itu diperhitungkan sebagai kerja lembur (*overtime*).

4.7.4.3 Kerja Lembur (*Overtime*)

Kerja lembur dapat dilakukan apabila ada keperluan yang mendesak dan atas persetujuan kepala bagian.

4.7.4.4 Sistem Gaji Karyawan

Gaji karyawan dibayarkan setiap bulan pada tanggal 1. Bila tanggal tersebut merupakan hari libur, maka pembayaran gaji dilakukan sehari sebelumnya.

Tabel 4.14 Gaji karyawan

Jabatan	Jumlah	Gaji per Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
Direktur Utama	1	50.000.000	50.000.000
Kepala Bagian	3	30.000.000	90.000.000
Kepala Seksi	9	15.000.000	135.00.000
Staff	50	8.000.000	400.000.000
Operator lapangan	144	10.000.000	1.440.000.000
Dokter	2	15.000.000	30.000.000
Perawat	4	6.000.000	24.000.000
Security	40	3.000.000	120.000.000
Driver	13	3.000.000	39.000.000
Total	**266**		**2.588.000.000**

4.7.4.5 Jam Kerja Karyawan

Berdasarkan jam kerjanya, karyawan perusahaan dapat digolongkan menjadi 2 golongan karyawan non-shift (harian) dan karyawan shift.

a. Jam kerja karyawan non-shift

Senin – Kamis:

Jam Kerja : 08.00 – 12.00 dan 13.00 – 16.00

Istirahat : 12.00 – 13.00

Jumat:

Jam Kerja : 08.00 – 11.30 dan 13.30 – 17.00

Istirahat : 11.30 – 13.30

hari Sabtu dan Minggu libur

b. Jam kerja karyawan shift

Jadwal kerja karyawan shift dibagi menjadi :

- *Shift* Pagi : 08.00 – 16.00

- *Shift* Sore : 16.00 – 00.00

- *Shift* Malam : 00.00 – 08.00

Karyawan *shift* ini dibagi menjadi 4 regu, yaitu 3 regu bekerja dan 1 regu istirahat yang dilakukan secara bergantian. Setiap regu mendapatkan giliran 6 hari kerja dan satu hari libur untuk setiap shift dan masuk lagi untuk shift berikutnya. Untuk hari libur atau hari besar yang ditetapkan oleh pemerintah, regu yang bertugas tetap masuk. Jadwal kerja masing-masing regu disajikan dalam tabel di bawah :

Tabel 4.15 Jadwal kerja masing-masing regu

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

Keterangan :

P = *Shift* Pagi M = *Shift* Malam S = *Shift* Siang L = Libur

4.8 Evaluasi Ekonomi

Analisa ekonomi berfungsi untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan atau tidak dan layak atau tidak layak jika didirikan.

Perhitungan evaluasi ekonomi meliputi:

1. Modal (*Capital Invesment*)
    a. Modal tetap (*Fixed Capital Invesment*)
    b. Modal kerja (*Working Capital Invesment*)
2. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)
    a. Biaya produksi langsung (*Direct manufacturing Cost*)
    b. Biaya produksi tak langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
    c. Biaya tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)
3. Pengeluaran Umum (*General Cost*)
4. Analisa Kelayakan Ekonomi
    a. Percent Return on invesment (ROI)
    b. Pay out time (POT)
    c. Break event point (BEP)
    d. Shut down point (SDP)
    e. Discounted cash flow (DCF)

Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensional didirikan atau tidak maka dilakukan analisis kelayakan.

Beberapa analisis untuk menyatakan kelayakan:

a. *Percent Return on Investment (ROI)*

Percent Return on Investment merupakan perkiraan laju keuntungan tiap tahun yang dapat mengembalikan modal yang diiinvestasi.

b. *Pay Out Time (POT)*

Pay Out Time adalah jumlah tahun yang telah berselang sebelum didapatkan sesuatu penerimaan melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya capital investment dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.

c. *Break Even Point (BEP)*

Break Even Point adalah titik impas dimana tidak mempunyai suatu keuntungan/kerugian.

d. *Discounted Cash Flow*

Analisis kelayakan ekonomi dengan menggunakan "*Discounted Cash Flow*" merupakan perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun didasarkan pada jumlah investasi yang tidak kembali pada setiap tahun selama umur ekonomi. *Rated of return based on discounted cash flow* adalah laju bunga maksimal di mana suatu pabrik atau proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.

4.8.1 Penaksiran Harga Peralatan

Harga peralatan proses selalu mengalami perubahan setiap tahuntergantung pada kondisi ekonomi yang ada. Untuk mengetahui harga peralatan yang ada sekarang, dapat ditaksir dari harga tahun lalu berdasarkan indeks harga. Persamaan pendekatan yang digunakan unutk memperkirakan harga peralatan pada saat sekarang adalah:

$$Ex = Ey \,.\frac{Nx}{Ny} \qquad (Aries\ \&\ Newton\ P.16, 1955)$$

Dalam hubungan ini:

Ex : Harga pembelian pada tahun 2016

Ey : Harga pembelian pada tahun referensi

Nx : Indeks harga pada tahun 2016

Ny : Indeks harga pada tahun referensi

Untuk menentukan nilai indeks CEP berdasarkan dari harga yang sudah ada seperti yang dikemukan oleh Aries & Newton serta data data yang diperoleh dari www.chemengonline.com/pci sehingga dinyatakan dalam bentuk tabel:

Tabel 4.16 Harga CEP index

Tahun	CEP
1979	230
2000	394,1

Tabel 4.16 Lanjutan harga CEP index

Tahun	CEP
2003	444,2
2004	468,2
2005	499,6
2006	456,1
2016	552,7

Berdasarkan nilai CEP yang sudah diperoleh maka harga alat yang akan digunakan nantinya pada tahun 2016 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.17 Harga indeks pada tahun perancangan

No.	Nama Alat	Jumlah	Harga Satuan th 1959	Harga Satuan th 2016	Harga
1	Reaktor-01	1	$ 16.000	$ 38.450,78	$ 38.451
2	MD-01	1	$ 22.400	$ 53.831,10	$ 53.831
3	MD-02	1	$ 113.400	$ 272.519,92	$ 272.519
4	MD-03	1	$ 167.200	$ 401.810,68	$ 401.810,68
5	*Heater*-01	1	$ 510	$ 1.225,62	$ 1.226
6	*Heater*-02	1	$ 410	$ 985,30	$ 985
7	*Heater*-03	1	$ 516	$ 1.240,04	$ 1.240
8	*Heater*-04	1	$ 100	$ 240,2	$ 240
9	*Cooler*-01	1	$ 600	$ 1.441,90	$ 1.442

10	*Cooler*-02	1	$ 1.300	$ 3.124,13	$ 3.124
11	*Cooler*-03	1	$ 2.100	$ 5.046,67	$ 5.047
12	ACC-01	1	$ 3.100	$ 7.449,84	$ 7.450
13	ACC-02	1	$ 3.800	$ 9.132,06	$ 9.132
14	ACC-03	1	$ 3.050	$ 7.329,68	$ 7.330
15	*Reboiler*-01	1	$ 13.000	$ 31.241,26	$ 31.241
16	*Reboiler*-02	1	$ 7.000	$ 16.822,2	$ 16.822
17	*Reboiler*-03	1	$ 500	$ 1.201,59	$ 1.202
18	*Condensor*-01	1	$ 9.500	$ 22.830,15	$ 22.830
19	*Condensor*-02	1	$ 11.000	$ 26.434,91	$ 26.435
20	*Condensor*-03	1	$ 16.000	$ 38.450,78	$ 38.451
21	Tangki-01	1	$ 11.000	$ 26.434,91	$ 26.435
22	Tangki-02	2	$ 100.000	$ 240.317,39	$ 480.635
23	Tangki-03	2	$ 100.000	$ 240.317,39	$ 480.635
24	Pompa-01	2	$ 430	$ 1.033,36	$ 2.067
25	Pompa-02	2	$ 430	$ 1.033,36	$ 2.067
26	Pompa-03	2	$ 290	$ 696,92	$ 1.394
27	Pompa-04	2	$ 340	$ 817,08	$ 1.636
28	Pompa-05	2	$ 450	$ 1.081,43	$ 2.163
29	Pompa-06	2	$ 310	$ 744,98	$ 1.490
30	Pompa-07	2	$ 490	$ 117,56	$ 2.355
31	Pompa-08	2	$ 10	$ 24,03	$ 48

Tabel 4.17 Lanjutan harga indeks pada tahun perancangan

No.	Nama Alat	Jumlah	Harga Satuan th 1959	Harga Satuan th 2016	Harga
32	Pompa-09	2	$ 420	$ 1.009,33	$ 2.019
33	Pompa-10	2	$ 360	$ 865,14	$ 1.730
34	Pompa-11	2	$ 430	$ 1.033,36	$ 2.067
Total					**$ 1.947.547**

4.8.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas produksi = 40.000 ton/tahun

Satu tahun operasi = 330 hari

Pabrik didirikan = 2020

Kurs mata uang = US$ 1 = Rp 13.671

4.8.3 Perhitungan Biaya

4.8.3.1 Capital Investment

Modal atau capital investment adalah sejumlah uang yang harus disediakan untuk mendirikan dan menjalankan suatu pabrik. Ada 2 macam capital investment, yaitu:

a. *Fixed Capital Investment*, yaitu uang yang dikeluarkan untuk mendirikan pabrik yang terdiri dari: *manufacturing* dan *non manufacturing*

b. *Working Capital* adalah uang yang dikeluarkan untuk menjalankan kegiatan operasi pabrik agar menghasilkan suatu produk.

Modal biasanya didapatkan dari uang sendiri dan bisa juga berasal dari pinjaman dari bank. Perbandingan jumlah uang sendiri atau *equity* dengan jumlah pinjaman dari bank tergantung dari perbandingan antara pinjaman dan uang sendiri adalah 30:70 atau 40:60 atau kebijaksanaan lain tentang rasio modal tersebut. Karena penanaman modal dengan harapan mendapatkan keuntungan dari modal yang ditanamkan maka ciri-ciri investasi yang baik antara lain:

a. Investasi cepat kembali

b. Mengahasilkan keuntungan yang besar (maksimum)

c. Aman baik secara hukum teknologi dan lain sebagainya

4.8.3.2 *Manufacturing Cost*

Manufacturing cost adalah biaya yang diperlukan untuk pembuatan produk dari bahan dasar yang merupakan jumlah dari *direct, indirect dan fixed manufacturing cost*.

a. *Direct cost*

Yaitu pengeluaran yang bersangkutan khusus dalam pembuatan produk antara lain *raw material*, *labor* (buruh), supervisi, *maintenance, plant supplies, royalties and patent*, utilitas.

b. *Indirect cost*

Yaitu pengeluaran-pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik. Yang termasuk dalam *indirect cost* adalah

payroll overhead, *laboratory*, *plant overhead*, *packaging*, *shipping*.

c. *Fixed manufacturing cost*

Yaitu harga yang berkaitan dengan *fixed capital cost* dan pengeluaran yang bersangkutan dimana harganya tetap, tidak tergantung dari waktu dan tingkat produksi. Yang termasuk *fixed manufacturing cost* yaitu *depreciation* (penyusutan), *property taxes* (pajak) dan *insurance*.

4.8.3.3 *General Expense*

General expense meliputi pengeluaran-pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi-fungsi perusahaan yang tidak termasuk *manufacturing cost*. *General expense* terdiri dari :

a. Administrasi

Yang termasuk dalam biaya administrasi adalah *management salaries*, *legal fees* and *auditing*, biaya peralatan kantor. Besarnya biaya administrasi diperkirakan 2-3% hasil penjualan atau 3-6% dari *manufacturing cost*.

b. *Sales*

Pengeluaran yang dilakukan berkaitan dengan penjualan produk, misalnya biaya distribusi dan iklan. Besarnya biaya *sales* diperkirakan 3 - 12% harga jual atau 5 - 22% dari *manufacturing cost*. Untuk produk standar kebutuhan *sales expense* kecil dan untuk produk baru yang perlu diperkenalkan *sales expense* besar.

c. Riset (penelitian)

Penelitian diperlukan untuk menjaga mutu dan inovasi ke depan. Untuk industri kimia dana riset sebesar 2,8% dari hasil penjualan.

4.8.4 Analisa Kelayakan

Untuk mendapatkan keuntungan yang diperoleh cukup besar atau tidak sehingga dapat dikategorikan apabila pabrik tersebut potensial didirikan atau tidak, maka dilakukan analisa atau evaluasi kelayakan.

Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan yaitu :

4.8.4.1 *Return on Investment (ROI)*

Return on investment adalah rasio uang yang diperoleh atau hilang pada suatu investasi, relatif terhadap jumlah uang yang diinvestasikan. Jumlah uang yang diperoleh atau hilang tersebut dapat disebut bunga atau laba/rugi. Investasi uang dapat dirujuk sebagai aset, modal, pokok, basis biaya investasi. ROI biasanya dinyatakan dalam bentuk persentase dan bukan dalam nilai desimal. ROI tidak memberikan indikasi berapa lamanya suatu investasi. Namun, ROI sering dinyatakan dalam satuan tahunan atau disetahunkan dan sering juga dinyatakan untuk suatu tahun kalendar atau fiskal.

ROI digunakan untuk membandingkan laba atas investasi antara investasi-investasi yang sulit dibandingkan dengan menggunakan nilai moneter.

$$ROI = \frac{Profit}{FCI}\ x\ 100\ \%$$

FCI = *Fixed Capital Investment*

4.8.4.2 *Pay Out Time (POT)*

Pay Out Time adalah jumlah tahun yang telah berselang sebelum didapatkan sesuatu penerimaan melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *capital investment* dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.

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

4.8.4.3 *Discounted Cash Flow of Return (DCFR)*

Discounted Cash Flow atau biasa disingkat *DCF* adalah salah satu metode untuk menghitung prospek pertumbuhan suatu instrumen investasi dalam beberapa waktu ke depan. Konsep *DCF* ini didasarkan pada pemikiran bahwa jika anda menginvestasikan sejumlah dana, maka dana tersebut akan tumbuh sebesar sekian persen atau mungkin sekian kali lipat setelah beberapa waktu tertentu. Disebut '*discounted cash flow'* atau 'arus kas yang terdiskon', karena cara menghitungnya adalah dengan meng-estimasi arus dana dimasa mendatang untuk kemudian di-*cut* dan menghasilkan nilai dana tersebut pada masa kini.

Biasanya, seorang investor ingin mengetahui bahwa jika dia menginvestasikan sejumlah dana pada satu instrumen investasi tertentu,

maka setelah kurun waktu tertentu (misalnya setahun), dana tersebut akan tumbuh menjadi berapa. Untuk menghitungnya, maka digunakanlah DCF. Persamaan unutk menentukan DCFR:

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

Dimana :

FC : *Fixed Capital*

WC : *Working Capital*

SV : *Salvage Value*

C : *Cash Flow*

n : Umur Pabrik = 10 tahun

i : Nilai DCFR

4.8.4.4 *Break Even Point* (BEP)

Break Even Point adalah kondisi dimana perusahaan tidak mengalami untung dan tidak mengalami kerugian. Jadi dapat dikatakan bahwa perusahaan yang mencapai titik *break event point* ialah perusahaan yang telah memiliki kesetaraan antara modal yang dikeluarkan untuk proses produksi dengan pendapatan produk yang dihasilkan.

Semakin banyak barang yang diproduksi, semakin rendah nilai harga jual, dan semakin lama proses mencapai BEP, namun semakin mudah untuk mengikat konsumen. Begitu pula sebaliknya,

semakin sedikit barang yang diproduksi, semakin tinggi nilai jual barang, dan semakin cepat untuk mencapai BEP.

Tujuan utama dari suatu perusahaan salah satunya adalah mendapatkan keuntungan atau laba, untuk memperoleh keuntungan/laba secara maksimal bisa dilakukan dengan beberapa langka berikut

- Menekan sebisa mungkin biaya produksi atau biaya operasional sekecil kecilnya, serendah rendahnya tetapi tingkat harga, kualitas maupuan kuantitasnya tetap dipertahankan sebisanya.
- Penentuan harga jual sedemikian rupa menyesuaikan tingkat keuntungan yang diinginkan/dikehendaki
- Volume kegiatan ditingkatkan dengan semaksimal mungkin

Untuk menentukan nilai BEP dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut

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

Dimana,

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

4.8.4.5 *Shut Down Point (SDP)*

Analisis *Shut Down Point* merupakan titik pada tingkat penjualan berapa usaha perusahaan secara ekonomis tidak pantas untuk dilanjutkan.Manajemen memerlukan infomasi pada pendapatan penjualan berupausaha perusahaan secara ekonomis tidak pantas untuk dilanjutkan jika pendapatan penjualannya tidak mencukupi untuk menutupi biaya tetap tunainya. Untuk menjawab pertanyaan ini, manajemen memerlukan informasi titik penutupan usaha (*Shut Down Point*).

"Biaya tetap tunai adalah biaya-biaya yang memerlukan pembayaran segera dengan uang kas, seperti sewa gedung, gaji pegawai tetap dan sebagainya".

Untuk menghitung nilai SDP dapat diperoleh menggunakan persamaan berikut,

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

4.8.5 Hasil Perhitungan

4.8.5.1 Penentuan Physical Plant Cost

Tabel 4.18 *Physical Plant cost*

No.	Komponen	Harga ($)	Harga (Rp)
1	Harga alat sampai ditempat	2.434.433,20	
2	Instalasi	245.390,87	888.081.231
3	Pemipaan	990.327,42	1.026.843.923

Tabel 4.18 Lanjutan *Physical Plant cost*

No.	Komponen	Harga ($)	Harga (Rp)
4	Instrumentasi	473.253,81	166.515.231
5	Isolasi	63.295,26	138.762.692
6	Listrik	236.626,91	83.257.615
7	Bangunan		28.698.450.000
8	Tanah		13.044.750.000
9	Utilitas	4.451.880,07	1.855.420.660
Physical Plant Cost		**8.898.332,77**	**45.903.701.493**

Tabel 4.19 *Direct Plant Cost*

No.	Komponen	Harga ($)	Harga (Rp)
1	*Physical plant cost*	8.895.207,55	45.903.701.493
2	*Engineering & Construction* (25%)	2.223.801,89	11.475.520.337,84
***Direct Plant Cost* (DPC)**		**11.1222.915,96**	**57.379.626,8**

Tabel 4.20 *Fixed Capital Investment*

No.	Komponen	Harga ($)	Harga (Rp)
1	*Direct Plant Cost*	11.1222.915,96	57.379.626,8
2	*Contractor fee* (5 %)		10.485.401.546,39
3	*Contingency* (15 %)	1.667.851,42	8.606.640.253,38
***Fixed Capital Investment* (FCI)**		**12.791.353,35**	**76.474.749.670,82**

Tabel 4.21 *Direct Manufacturing Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)
1	*Raw Material*	856.627.680.415,58
2	Gaji Karyawan	31.056.000.000
3	Supervisi (10% karyawan)	3.105.600.000
4	*Maintenance* (2% FCI)	5.032.992.472
5	*Plant Supplies* (15 % *Maint.*)	754.948.911
6	*Royal. dan Patt.* (1 % *Sales*)	14.000.000.000
7	Utilitas	28.049.859.948,40
Total		**935.848.615.047,49**

Tabel 4.22 *Indirect Manufacturing Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)
1	*Payroll Overhead* (15 % Kary.)	4.658.400.000
2	Laboratorium (10 % Kary.)	3.105.600.000
3	*Packaging dan Shipping* (0,5 % *Sales*)	7.000.000.000
4	*Plant Overhead* (50 % Kary.)	15.528.000.000
Total		**28.542.000.000**

Tabel 4.23 *Fixed Manufacturing Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)
1	Depresiasi (10% FCI)	25.164.963.711
2	*Property tax* (2% FCI)	5.032.992.742

Tabel 4.23 Lanjutan *Fixed Manufacturing Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)
3	Asuransi (2% FCI)	5.032.992.742
Total		**35.240.280.682**

Tabel 4.24 *Total Manufacturing Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)
1	*Direct Manufacturing Cost*	935.848.615.047,49
2	*Indirect Manufacturing Cost*	28.542.000.000
3	*Fixed Manufacturing Cost*	35.240.280.682
Total		**999.630.895.730**

Tabel 4.25 *Working Capital*

No	Komponen	Harga (Rp)
1	*Raw material inventory*	83.679.169.268
2	*In proces inventory*	125.518.753.902
3	*Product inventory*	83.679.169.268
4	*Available cash*	83.679.069.267,79
5	*Extended credit*	167.358.338.536
Total		**541.466.735.187**

Tabel 4.26 *General Expense*

No	Komponen	Harga (Rp)
1	Administrasi (3% *Manu. Cost*)	30.124.500.936,40
2	*Sales* (5 % *Manu. Cost*)	50.208.044.286,49
3	*Finance* (5 % WC+FCI)	79.563.677.577.43
4	Riset (2% *sales*)	28.000.000.000
Total		**185.688.774.235,81**

Tabel 4.27 Total Biaya Produksi

No	Komponen	Harga (Rp)
1	*Manufacturing cost*	1.004.150.031.213
2	*General expense*	187.888.426.232,48
Total		**1.185.319.669.965,54**

Tabel 4.28 *Total Capital Investment*

No	Komponen	Harga (Rp)
1	*Fixed Capital Investment*	251.716.290.587,29
2	*Working Capital*	541.466.735.187
Total		**793.183.025.774,33**

Harga jual produk:

$$Harga\ dasar = \frac{Total\ biaya\ produksi}{Volume\ produksi}$$

$$= \frac{Rp\ 1.185.319.669.965{,}54/tahun}{40.000.000\ kg/tahun} = Rp\ 29.632{,}99/kg$$

Total sales:

a. Metil akrilat = Rp 33.000 / kg

Produksi tiap tahun = 40.000.000 kg

Annual sales = Rp 1.3200.000.000.000

Total annual sales = Rp 1.320.000.000.000

4.8.6 Analisa Keuntungan

Keuntungan = Total penjualan produksi – Total biaya produksi

a. Keuntungan Sebelum Pajak

Total sales = Rp 1.320.000.000.000

Total biaya produksi = Rp 1.185.319.669.965,54

Keuntungan = Rp 134.680.330.034,46

b. Keuntungan Sesudah Pajak

Pajak = 20 %

Keuntungan = Rp 107.744.264.027,57

4.8.7 Analisa Kelayakan Ekonomi

1. *Return On Investement*

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

ROI Sebelum pajak = 53,5 %

ROI Sesudah pajak = 42,8 %

2. *Pay Out Time*

$$POT = \frac{Fixed\ Capital\ Invesment}{(Keuntungan\ Tahunan + Depresiasi\ )}$$

POT sebelum pajak = 1,5747 tahun

POT sesudah pajak = 1,8938 tahun

3. *Break Even Point*

Fixed Manufacturing Cost (Fa) = Rp 35.240.280.682

Variable Cost (Va) = Rp 904.477.540.364

Regulated Cost (Ra) = Rp 245.601.848.919

Penjualan Produk (Sa) = Rp1.320.000.000.000

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

BEP = 44,71 %

4. *Shut Down Point*

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

SDP = 30,25 %

5. *Discounted cash flow rate*

Umur pabrik = 10 tahun

Salvage value (SV) = Rp 25.171.629.058,74

Working Capital = Rp 541.466.735.186,94

Fixed Capital = Rp 251.716.290.587,39

Cash flow (CF) = *Annnual Profit + Finance + Depresiasi*

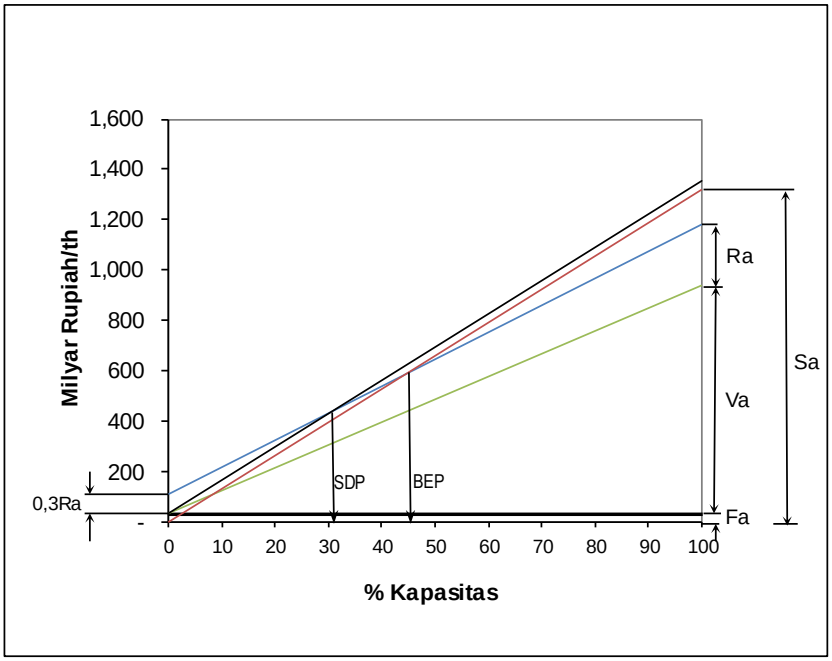
= Rp 212.234.195.663,74

Discounted cash flow dihitung secara *trial & error*

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

R = S

Dengan cara *trial & error* diperoleh nilia i = 28,93 %



Gambar 4.7 Grafik hubungan % kapasitas vs rupiah

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pabrik metil akrilat dari asam akrilat dan metanol dengan kapasitas 40.000 ton/tahun, dapat dismppulkan bahwa :

1. Berdasarkan tinjauan kondisi operasi, pemilihan bahan baku dan jenis produk, maka pabrik metil akrilat dari asam akrilat dan metanol ini tergolong pabrik berisiko rendah (*low risk*).
2. Berdasarkan hasil analisis ekonomi adalah sebagai berikut :
   1) Keuntungan yang diperoleh :

      Keuntungan sebelum pajak Rp 134.680.330.034,46 /tahun, dan keuntungan setelah pajak (20%) sebesar Rp 107.744.264.027,57 /tahun.
   2) *Return On Investment* (ROI) :

      Presentase ROI sebelum pajak sebesar 53,5 %, dan ROI setelah pajak sebesar 42,8 %. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah minimum adalah 11 % (Aries & Newton, 1955).
   3) *Pay Out Time* (POT) :

      POT sebelum pajak selama 1,5747 tahun dan POT setelah pajak selama 1,8938 tahun. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah maksimum adalah 5 tahun (Aries & Newton, 1955).
   4) *Break Event Point* (BEP) pada 44,71 %, dan *Shut Down Point* (SDP) pada 30,25 %. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40–60%.

5) *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 28,93 %. Suku bunga pinjaman di bank saat ini adalah 6,75 % (www.bi.go.id, akhir juni 2016). Syarat minimum DCFR adalah di atas suku bunga pinjaman bank yaitu sekitar 1,5 x suku bunga pinjaman bank (1,5 x 6,75% = 10,125%).

Dari hasil analisis ekonomi di atas dapat disimpulkan bahwa pabrik Metil Akrilat dari Asam Akrilat dan Metanol dengan kapasitas 40.000 ton/tahun ini layak dan menarik untuk dikaji lebih lanjut.

5.2 Saran

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

1. Optimasi pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
2. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik - pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.
3. Produk metil akrilat dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan di masa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

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

Biro Pusat Statistik, 2004-2013, "*Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia*", Indonesia foreign, Trade Statistic Import, Yogyakarta

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

Brownell, L.E., and Young, E.H., 1959, *Process Equipment Design*, John Wiley and Sons, Inc., New York

Coulson, J.M., and Richardson, J.F., 1983, *Chemical Engineering*, Vol 1 - 6, Pergamon Internasional Library, New York

Elvers, B., 1984, *Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, 4th ed., Wiley-VCH., Berlin

Faith, W.L., and Keyes, D.B., 1961, *Industrial chemical*, John Wiley and Sons, Inc., New York

Holman, J., 1981, *Heat Transfer*, Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York

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

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

Ludwig, E.E., 1964, *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*, Gulf Publishing, Co., Houston

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

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

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