

**PRA RANCANGAN PABRIK N-BUTIL METAKRILAT DARI ASAM  
METAKRILAT DAN BUTANOL DENGAN KAPASITAS 23.000 TON/TAHUN**

**PRA RANCANGAN PABRIK**

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia  
Konsentrasi Teknik Kimia**



**Oleh:**

**Nama : Raden Roro Puspita R D**

**Nama : Dewi Nofita Sari**

**NIM : 16521135**

**NIM : 16521147**

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

**YOGYAKARTA**

**2020**

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**

**PRA RANCANGAN PABRIK N-BUTIL METAKRILAT DARI ASAM  
METAKRILAT DAN BUTANOL DENGAN KAPASITAS 23.000 TON/TAHUN**



**Oleh:**

**Nama : Raden Roro Puspita R D**

**Nama : Dewi Nofita Sari**

**NIM : 16521135**

**NIM : 16521147**

Yogyakarta, 1 November 2020

Pembimbing I,

Pembimbing II

**Dr. Ifa Puspasari, S.T., M. Eng.**

**Tintin Mutiara, S.T., M. Eng.**

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**

**PRA RANCANGAN PABRIK N-BUTIL METAKRILAT DARI ASAM  
METAKRILAT DAN BUTANOL DENGAN KAPASITAS 23.000 TON/TAHUN**

**PRA RANCANGAN PABRIK**

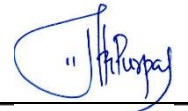
Oleh:

Nama : Raden Roro Puspita Ratna Dewi  
NIM : 16521135

Telah di pertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat Untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Konsentrasi Teknik Kimia  
Program Studi Teknik Kimia Kimia Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia  
Yogyakarta, Januari 2021

Tim Penguji

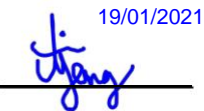
Ketua : Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng.



Anggota I : Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng.

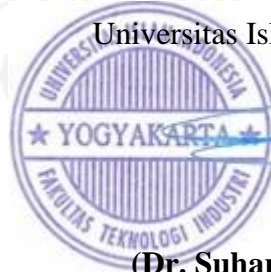


Anggota II : Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T.

19/01/2021  


Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia



**(Dr. Suharno Rusdi)**

**NIP: 845210102**

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**

**PRA RANCANGAN PABRIK N-BUTIL METAKRILAT DARI ASAM  
METAKRILAT DAN BUTANOL DENGAN KAPASITAS 23.000 TON/TAHUN**

**PRA RANCANGAN PABRIK**

Oleh:

Nama : Dewi Nofita Sari

NIM : 16521147

Telah di pertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat Untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Konsentrasi Teknik Kimia  
Program Studi Teknik Kimia Kimia Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia  
Yogyakarta, Januari 2021

Tim Penguji

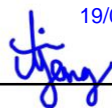
Ketua : Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng.



Anggota I : Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng.



Anggota II : Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T.

19/01/2021  


Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia



**(Dr. Suharno Rusdi)**

**NIP: 845210102**

**LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL  
PRA RANCANGAN PABRIK**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Raden Roro Puspita R D                      Nama : Dewi Nofita Sari  
No. Mahasiswa : 16521135                              No. Mahasiswa : 16521147

Yogyakarta, 1 November 2020

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

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



Raden Roro Puspita R D

NIM : 16521135



Dewi Nofita Sari

NIM : 16521147

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT karena rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini tepat pada waktunya. Tugas akhir ini dibuat dengan tujuan untuk menyelesaikan program Sarjana di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan laporan tugas akhir, penyusun banyak mendapatkan dorongan, bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penyusun menyampaikan terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kesempatan dan kemudahan sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Orang tua dan Keluarga penyusun yang telah memberikan do'a dan dorongan baik materi maupun spritual sehingga laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan lancar
3. Bapak Dr. Suharno Rusdi selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Dr. Ifa Puspasari, S.T., M. Eng., dan Tintin Mutiara, ST., M. Eng., selaku dosen pembimbing tugas akhir atas bimbingan, bantuan, penjelasan, motivasi dan kesabarannya dalam penyusunan tugas akhir ini.
5. Teman-teman Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia angkatan 2016 yang telah memberikan bantuan dan motivasi.
6. Serta semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu.

Penyusun menyadari sepenuhnya bahwa laporan tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna, oleh karena itu penyusun mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak. Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas

semua bantuan yang telah diberikan dan semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Yogyakarta, 1 November 2020



## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL.....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tinjauan Pustaka .....	4
<b>BAB II PERANCANGAN PRODUK .....</b>	<b>9</b>
2.1. Spesifikasi Bahan .....	9
2.2. Spesifikasi Produk .....	10
2.3. Pengendalian Kualitas .....	11
<b>BAB III PERANCANGAN PRODUK .....</b>	<b>13</b>
3.1. Uraian Proses .....	13
3.2. Spesifikasi Alat.....	15
3.3. Perencanaan Proses .....	24
<b>BAB IV PERANCANGAN PABRIK .....</b>	<b>27</b>
4.1. Lokasi Pabrik .....	27
4.2. Tata Letak Pabrik .....	30
4.3. Tata Letak Alat Proses .....	31
4.4. Air Proses dan Material .....	34
4.5. Perawatan .....	40
4.6. Utilitas (Pelayanan Teknik) .....	41
4.7. Organisasi Perusahaan .....	54
4.8. Evaluasi Ekonomi .....	63



<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>79</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>81</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>83</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Impor n-butyl metakrilat di Indonesia.....	2
Tabel 1. 2 Kebutuhan n-butyl metakrilat di Negara ASEAN 2012-2015 .....	3
Tabel 1. 3 Pabrik n-butyl metakrilat yang sudah berdiri .....	3
Tabel 1. 4 Pemilihan proses .....	7
Tabel 2. 1 Spesifikasi bahan utama .....	9
Tabel 2. 2 Spesifikasi bahan pembantu .....	10
Tabel 3. 1 Spesifikasi tangki penyimpanan .....	15
Tabel 3. 2 Spesifikasi mixer .....	16
Tabel 3. 3 Spesifikasi reaktor .....	16
Tabel 3. 4 Spesifikasi neutraliser .....	17
Tabel 3. 5 Spesifikasi dekanter .....	17
Tabel 3. 6 Spesifikasi menara distilasi .....	18
Tabel 3. 7 Spesifikasi kondenser.....	18
Tabel 3. 8 Spesifikasi reboiler .....	19
Tabel 3. 9 Spesifikasi akumulator.....	19
Tabel 3. 10 Spesifikasi heat exchanger .....	20
Tabel 3. 11 Spesifikasi cooler .....	21
Tabel 3. 12 Spesifikasi expansion valve.....	21
Tabel 3. 13 Spesifikasi pompa .....	22
Tabel 3. 14 Lanjutan Table 3. 13 Spesifikasi pompa.....	23
Tabel 3. 15 Lanjutan Table 3. 13 Spesifikasi pompa.....	24
Tabel 4. 1 Rincian luas tanah bangunan pabrik .....	31
Tabel 4. 2 Neraca massa mixer .....	34

Tabel 4. 3 Neraca massa Reaktor .....	34
Tabel 4. 4 Neraca massa neutralizer .....	34
Tabel 4. 5 Neraca massa dekanter .....	35
Tabel 4. 6 Neraca massa menara distilasi .....	35
Tabel 4. 7 Neraca panas mixer .....	35
Tabel 4. 8 Neraca panas reaktor .....	36
Tabel 4. 9 Neraca panas neutralizer .....	36
Tabel 4. 10 Neraca panas dekanter .....	37
Tabel 4. 11 Neraca panas menara distilasi .....	37
Tabel 4. 12 Kebutuhan listrik untuk unit utilitas .....	50
Tabel 4. 13 Kebutuhan listrik untuk alat proses produksi .....	51
Tabel 4. 14 Gaji karyawan .....	61
Tabel 4. 15 Jadwal kerja tiap kelompok .....	62
Tabel 4. 16 Indeks harga tahun 1975-1990 .....	66
Tabel 4. 17 Indeks harga tahun 2002-2030 .....	67
Tabel 4. 18 <i>Physical plant cost</i> (PPC) .....	73
Tabel 4. 19 <i>Direct plant cost</i> (DFC) .....	73
Tabel 4. 20 <i>Fixed capital investment</i> (FCI) .....	74
Tabel 4. 21 <i>Direct manufacturing cost</i> (DMC) .....	74
Tabel 4. 22 <i>Indirect manufacturing cost</i> (IMC) .....	74
Tabel 4. 23 <i>Fixed manufacturing cost</i> (FMC) .....	74
Tabel 4. 24 <i>Manufacturing cost</i> (MC) .....	75
Tabel 4. 25 <i>Working capital</i> (WC) .....	75
Tabel 4. 26 <i>General expense</i> (GE) .....	75
Tabel 4. 27 <i>Total production cost</i> (TPC) .....	75
Tabel 4. 28 <i>Fixed cost</i> (Fa) .....	76

Tabel 4. 29 *Variable cost* (Va) .....76  
Tabel 4. 30 *Regular cost* (Ra) .....76



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik data impor n-butyl metakrilat di Indonesia.....	2
Gambar 4. 1 Tata letak pabrik .....	33
Gambar 4. 2 Tata letak alat proses .....	33
Gambar 4. 3 Diagram Alir Kualitatif.....	38
Gambar 4. 4 Diagram Alir Kuantitatif.....	39
Gambar 4. 5 Diagram utilitas .....	47
Gambar 4. 6 Struktur Organisasi Perusahaan .....	56
Gambar 4. 7 Grafik hubungan tahun dengan indeks harga alat .....	66
Gambar 4. 8 Grafik hubungan kapasitas produksi terhadap BEP dan SDP .....	78



## Abstrak

N-butyl metakrilat merupakan suatu monomer yang dapat digunakan sebagai polimer emulsi, yang dapat dimanfaatkan sebagai pengikat dan pengental. Pabrik n-butyl metakrilat ini dirancang dengan kapasitas 23.000 ton/tahun yang akan beroperasi selama 330/tahun. Bahan baku terdiri dari 2.120 kg/jam asam metakrilat dan 2.332 kg/jam butanol. Pabrik akan didirikan di daerah industri Cilegon, Banten, pada tahun 2025, dengan luas tanah 14.012 m<sup>2</sup> dan 145 karyawan. Produksi n-butyl metakrilat dilakukan pada reaktor tangki berpengaduk yang beroperasi pada suhu 92 °C dan tekanan 1 atm yang berlangsung secara esterifikasi dengan bantuan katalis asam sulfat sebesar 67 kg/jam. Dari hasil perhitungan evaluasi diperoleh keuntungan sebelum pajak sebesar Rp 162.283.296.941, keuntungan setelah pajak sebesar Rp 77.895.982.532, presentase *return on investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 42% dan setelah pajak sebesar 20%, *pay out time* (POT) sebelum pajak selama 2,01 tahun dan setelah pajak sebesar 3,6 tahun, nilai *break event point* (BEP) sebesar 59 %, nilai *shut down point* (SDP) sebesar 50%, dan nilai *discounted cash flow rate* (DCF) sebesar 31%.

**Kata kunci** : n-butyl metakrilat, asam metakrilat, butanol

## Abstract

*N-butyl methacrylate is a monomer that can be used as an emulsion polymer, which can be used as a binder and thickener. This n-butyl methacrylate plant is designed with a capacity of 23.000 tons / year which will operate for 330 / year. The raw materials consisted of 2.120 kg / hour of methacrylic acid and 2.332 kg / hour of butanol. The factory will be established in the industrial area of Cilegon, Banten, in 2025, with a land area of 14.012 m<sup>2</sup> and 145 employees. The production of n-butyl methacrylate is carried out in a stirred tank reactor which operates at a temperature of 92 °C and a pressure of 1 atm which takes place by esterification with the help of a sulfuric acid catalyst of 67 kg/hour. From the results of the evaluation calculation, the profit before tax is IDR 162.283.296.941, profit after tax is IDR 77.895.982.532, the percentage of return on investment (ROI) before tax is 42% and after tax is 20%, pay out time (POT) before tax for 2,01 years and after taxes of 3,6 years, the break event point (BEP) value is 59%, the shut down point (SDP) value is 50%, and the discounted cash flow rate (DCF) value is 31%.*

**Key words :** *n-butyl methacrylate, methacrylate acid, butanol*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

N-butyl metakrilat merupakan suatu monomer yang dapat digunakan sebagai polimer emulsi. Polimer emulsi merupakan salah satu produk yang banyak digunakan pada bidang industri, yang dapat dimanfaatkan sebagai *blinder* atau pengikat. Dalam industri kayu lapis, polimer emulsi dimanfaatkan sebagai perekat dalam pengerjaan furnitur. Pada industri cat tembok, polimer emulsi digunakan sebagai pengikat dan pengental. Selain itu polimer emulsi juga dapat digunakan sebagai pewarna pada berbagai sektor industri.

Kebutuhan n-butyl metakrilat mengalami peningkatan tiap tahunnya. Namun disayangkan, perkembangan industri n-butyl metakrilat belum berjalan dengan baik sehingga masih dilakukan kegiatan impor untuk memenuhi kebutuhan n-butyl metakrilat di Indonesia. N-butyl metakrilat terbuat dari asam metakrilat dan butanol dengan katalis asam sulfat. Bahan baku asam metakrilat dapat diperoleh dari PT. Nippon Shukobai dengan kapasitas produksi 80.000 ton/tahun dan bahan baku butanol dapat diperoleh dari PT. Oxo Nusantara dengan kapasitas produksi 60.000 ton/tahun. Katalis asam sulfat dapat diperoleh dari PT. Indonesia Acid Industri dengan kapasitas 82.500 ton/tahun. Natrium hidroksida dapat diperoleh dari PT. Sulfindo Adiusaha dengan kapasitas 215.000 ton/tahun. Dengan tersedianya bahan baku pembuatan n-butyl metakrilat serta melihat kebutuhan n-butyl metakrilat yang semakin meningkat, sehingga menunjukkan potensi untuk didirikannya pabrik n-butyl metakrilat di Indonesia.

#### 1.1.1 Kapasitas Produksi

Kapasitas produksi perancangan pabrik dapat ditentukan melalui beberapa faktor, diantaranya yaitu kebutuhan produk, ketersediaan bahan baku, serta kapasitas produksi dari pabrik yang telah beroperasi.



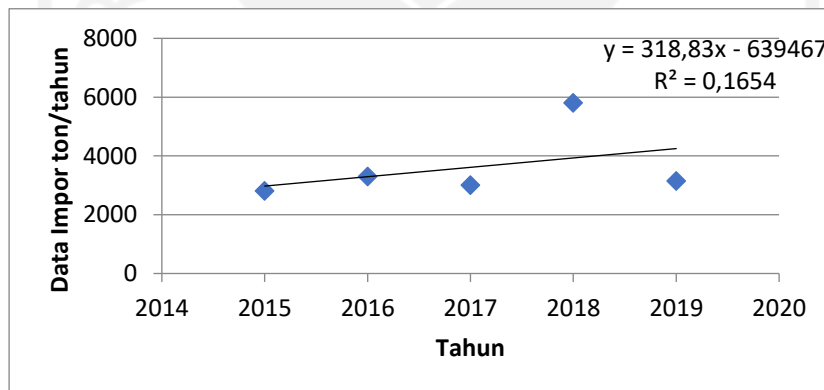
Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, kebutuhan n-butyl metakrilat di Indonesia masih dipenuhi dengan impor dari Negara lain dikarenakan belum adanya pabrik n-butyl metakrilat yang beroperasi di Indonesia.

a. Kebutuhan produk n-butyl metakrilat

**Tabel 1.1** Data impor n-butyl metakrilat di Indonesia

Tahun	Data Impor (Ton/Tahun)
2015	2.806
2016	3.300
2017	3.005
2018	5.806
2019	3.147

(Badan Pusat Statistik, 2015-2019)



**Gambar 1.1** Grafik data impor n-butyl metakrilat di Indonesia.

Dari gambar 1.1 menunjukkan bahwa kebutuhan n-butyl metakrilat di Indonesia cenderung mengalami peningkatan tiap tahunnya.

Penentuan besar kapasitas pabrik n-butyl metakrilat dilihat dari banyaknya jumlah kebutuhan butyl metakrilat yang ada di Indonesia dan Negara ASEAN.

**Tabel 1.2** Kebutuhan n-butyl metakrilat di Negara ASEAN 2012-2015

Tahun	kapasitas (ton/tahun)
2012	85.153
2013	105.140
2014	154.854
2015	155.631

(Comtrade, 2012-2015)

Berdasarkan data pada tabel 1.2 menunjukkan bahwa kebutuhan n-butyl metakrilat masih banyak dibutuhkan diberbagai Negara ASEAN. Tiap tahunnya kebutuhan n-butyl metakrilat di Negara ASEAN terus meningkat.

b. Ketersediaan bahan baku

Bahan baku n-butyl metakrilat terdiri dari asam metakrilat dan butanol dengan menggunakan katalis asam sulfat. Bahan baku asam metakrilat dapat diperoleh dari PT. Nippon Shukobai dengan kapasitas produksi 80.000 ton/tahun dan bahan baku butanol dapat diperoleh dari PT. Oxo Nusantara dengan kapasitas produksi 60.000 ton/tahun. Katalis asam sulfat dapat diperoleh dari PT. Indonesia Acid Industri dengan kapasitas 82.500 ton/tahun. Natrium hidroksida dapat diperoleh dari PT. Sulfindo Adiusaha dengan kapasitas 215.000 ton/tahun yang menyediakan natrium hidroksida kemurnian 48% hingga 98%.

c. Kapasitas pabrik yang telah beroperasi

**Tabel 1.3** Pabrik n-butylmetakrilat yang sudah berdiri

NamaPabrik	Lokasi	Kapasitas Ton/tahun
TPI Polyacrylate	Thailand	10.000
Heilongjiang Longxin	Tiongkok	12.000
LG MMA	Korea Selatan	22.000
Sumitomo Chem	Jepang	75.000

(Business Development Asia, 1999)

Tabel 1.3 merupakan data pabrik n-butil metakrilat yang telah beroperasi di dunia. Kapasitas pabrik yang akan berjalan harus berada diatas kapasitas pabrik yang sedang berjalan atau minimal sama dengan jumlah kapasitas pabrik terendah yang sedang berjalan. Berdasarkan data kebutuhan n-butil metakrilat di Indonesia, beberapa Negara ASEAN, serta data kapasitas pabrik yang sudah ada, maka kapasitas pabrik direncanakan sebesar 30% dari kapasitas terbesar pabrik yang sudah ada yaitu sebesar  $(30\% \times 75.000)$  22.500 ton/tahun.

Dengan demikian kapasitas pabrik yang direncanakan sebesar 23.000 ton/tahun dengan kapasitas minimum 10.000 ton/tahun (diambil dari kapasitas terkecil pabrik yang sudah ada), dengan mempertimbangkan memenuhi kebutuhan n-butil metakrilat yang ada di Indonesia dan sisa dari produksi tersebut dapat di ekspor ke Negara ASEAN ataupun Negara lain yang membutuhkan impot n-butil metakrilat.

Fungsi n-butil metakrilat dalam dunia industri salah satunya yaitu digunakan untuk proses pembuatan cat. Berdasarkan data Asosiasi Produsen Cat Indonesia, kapasitas cat di Indonesia terpasang sebesar 1.500.000 ton/tahun. Kapasitas produksi cat per pabrik bervariasi antara 4.000 ton sampai 75.000 ton per tahun. Adapun kapasitas kebutuhan pasar cat dalam negeri diperkirakan 1.100.000 ton/tahun. Sehingga dari data-data tersebut dibuktikan bahwa n-butil metakrilat dengan kapasitas 23.000 ton/tahun dapat dipasarkan di Indonesia.

## 1.2 Tinjauan Pustaka

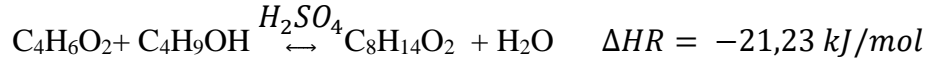
N-Butil Metakrilat dengan rumus molekul  $C_8H_{14}O_2$  adalah cairan bening, tidak berwarna, memiliki aroma yang kuat, dan memiliki kemurnian  $\geq 99\%$  dengan kandungan air. Senyawa ini memiliki beberapa nama lain diantaranya yaitu butil 2-metakrilat, 2-metil-propenoat, butil-asam metakrilik dan butil. (JACC No.36)

Ada beberapa cara yang dapat digunakan untuk membuat n-butil metakrilat, salah satunya yaitu reaksi eksterifikasi. Reaksi ini merupakan reaksi yang paling sering digunakan karena memberikan proses yang lebih efisien sehingga lebih menguntungkan. (Inoue dkk, 1987)

Reaksi yang dapat digunakan untuk pembuatan n-butyl metakrilat yaitu:

- a. Eksterifikasi dengan bahan baku Asam metakrilat dan Butanol

Sintesis n-butyl metakrilat dengan reaksi eksterifikasi



Asam metakrilat butanol

butyl metakrilat air

(Fauconet dkk, 1996)

Reaksi eksterifikasi asam metakrilat dan butanol adalah reaksi kesetimbangan. Salah satu dari reaktan dibuat berlebih agar dapat meningkatkan konversi reaksi. Konversi reaksi ini tidak dapat melebihi nilai yang telah ditentukan oleh konstanta kesetimbangan. (Sakakura, 1994)

Pada reaksi eksterifikasi asam metakrilat dan butanol digunakan perbandingan mol reaktan sebesar 1,0:0,9 sampai dengan 1,0:1,1 (Patent No 5,883,288). Suhu yang digunakan berkisar 80°C - 130°C (Patent No. 5,883,288). Digunakan konsentrasi larutan NaOH sebesar 48%-60% pada suhu proses 60°C-70°C. Larutan NaOH ditambahkan ketika cairan keluar reaktan untuk menetralkan katalis. Sebaiknya digunakan kadar katalis kisaran 0,5% - 6% (Patent No. 5,883,288).

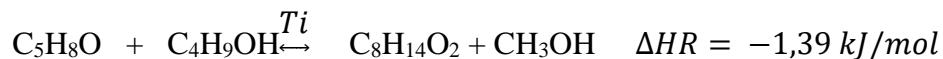
Terdapat beberapa katalis yang dapat digunakan pada reaksi eksterifikasi yaitu asam sulfat, *methansulfonic acid*, *P-toluenesulfonic acid*, *benzenesulfonic acid*, dan *naphtene sulfonic acid*. Katalis yang merupakan asam kuat ini harus dihilangkan setelah reaksi. Untuk menghilangkan asam ini dilakukan netralisasi dengan cara produk keluar reaktor direaksikan dengan larutan alkali. Selain netralisasi tersebut penghilangan asam kuat ini akan sangat sulit dilakukan.

Untuk mengurangi beban limbah dan biaya operasional yang ditimbulkan karena banyaknya limbah dengan kandungan konsentrasi garam yang tinggi maka dilakukan pencucian cairan keluar reaktor menggunakan air agar katalis dapat digunakan kembali. Setelah proses pencucian katalis asam akan terbawa ke fase *aqueous*, larutan ini kemudian di *recycle* ke reaktor.

Penggunaan bahan baku asam metakrilat dan butanol lebih ekonomis dan prosesnya lebih mudah dibandingkan dengan proses lainnya jika digunakan pada industri. Selain itu bahan baku ini juga mudah didapatkan. (Blair dkk, 1985)

b. Transeksterifikasi Metil metakrilat dan Butanol

Digunakan reaksi transeksterifikasi metal metakrilat dan butanol untuk proses pembuatan n-butil metakrilat.



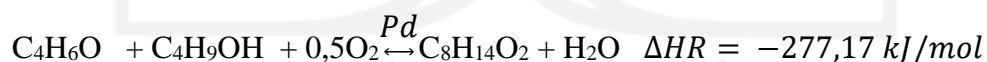
Metilmetakrilat butanol butil metakrilat methanol  
(Strehlke dkk, 1975)

Pada reaksi ini digunakan katalis zirkonium atau titanium untuk membantu menjalankan reaksi. Selama jalannya reaksi akan terbentuk metanol, sehingga perlu ditambahkan sikloheksan atau benzena untuk melarutkan metanol.

Digunakan konsentrasi katalis sebesar 0,1% - 1% berat, perbandingan mol reaktan yang digunakan berkisar 1,1:1 sampai dengan 2:1. Sedangkan kadar karbon yang digunakan sekitar 0,1 – 0,2% berat. Karbon aktif ini digunakan pada saat didalam reaktor agar warna yang terbentuk selama reaksi hilang. Untuk mengalirkan sikloheksan atau benzena agar menjadi hasil atas maka digunakan gas yang mengandung oksigen.

c. Ekterifikasi dengan bahan baku Butanol, Oksigen, dan Metakrolein

Pada reaktor alir tangki berpengaduk dilakukan sintesis butil metakrilat dan katalis paladium.



Metakrolein butanol oksigen butil metakrilat air  
(Yamaguchi dkk, 2000)

Pada reaksi ini terbentuk produk samping berupa asam karboksilat karena air yang bereaksi dengan metakrolein. Pada saat konsentrasi asam karboksilat dan air bertambah terjadi penurunan kecepatan reaksi dengan lebih cepat karena asam karboksilat dan air mudah teradsorpsi ke permukaan katalis.

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah diatas salah satunya yaitu dengan penambahan adsorben untuk menjerat air ke

dalam reaktor. Penggunaan metode ini membuat selektivitas menjadi lebih baik. Selain penambahan adsorben dapat juga dilakukan penambahan membrane ke dalam reaktor. Membran yang digunakan harus yang tidak dapat ditembus alkohol, asam, maupun ester yang terbentuk, tetapi dapat dilewati oleh air. (Yamaguchi dkk, 2000)

Reaksi ini lebih mahal dibandingkan dengan reaksi lainnya karena harga bahan baku dan katalis yang relatif lebih mahal jika digunakan pada industri.

Setelah dilakukan peninjauan dari masing-masing proses untuk pembuatan n-butyl metakrilat, dapat dibuat matrik pemilihan proses pada Tabel 1.4.

**Tabel 1.4** Pemilihan Proses

No	Karakteristik	Asam Metakrilat & Butanol	Metakrolein, Butanol & Oksigen	Metil Metakrilat & Butanol
1	Tekanan	0,3-1,5atm	5 atm	5 atm
2	Suhu	80°C-130°C	80°C	110°C - 130°C
3	Perbandingan Mol	1,0:0,9 – 1,0:1,1	2:1 - 1,1:1	1,1:1 – 2:1
4	Kadar Katalis	0,5% - 6%	0,1% - 1%	0,1% - 1%
5	Kadar Karbon	-	-	0,1% - 0,2%
6	Katalis	Asam sulfat	Paladium	Titanium alkohol
7	Fase	Cair - cair	Gas – cair	-
8	Biaya Produksi	Lebih murah	Lebih mahal	Lebih mahal
9	Sumber	Fauconet dkk, 1996	Strehlke dkk, 1975	Yamaguchi dkk, 2000

d. Pemilihan Proses

Berdasarkan dari perbandingan diatas sehingga dipilih proses eksterifikasi asam metakrilat dan butanol dengan katalis asam sulfat menggunakan proses kontinyu untuk perancangan pabrik ini. Reaktor yang digunakan adalah reaktor

alir tangki berpengaduk (RATB) dengan tekanan 1 atm, konversi 84%, dan suhu 92°C. (Patent No. 5,883,288). Jenis reaksi ini dipilih karena memiliki beberapa kelebihan yaitu:

1. Biaya produksi lebih rendah
2. Dibutuhkan tenaga kerja yang lebih sedikit
3. Reaksi lebih sederhana sehingga lebih aman
4. Tekanan operasi paling rendah
5. Reaksi cair-cair
6. Kecepatan reaksi tidak dipengaruhi oleh air yang terbentuk karena dehidrator yang baik yaitu asam sulfat.



## BAB II

### PERANCANGAN PRODUK

#### 2.1. Spesifikasi Bahan Baku

##### 2.1.1. Spesifikasi Bahan Utama

Table 2.1 Spesifikasi bahan utama

Komponen	Asam Metakrilat	Butanol
Rumus molekul	$C_4H_6O_2$	$C_4H_{10}O$
Berat molekul (g/gmol)	86	74
Titik didih normal ( $^{\circ}C$ )	161	118
Titik beku ( $^{\circ}C$ )	15	-89
Densitas (kg/cm <sup>3</sup> )	1.012	806
Suhu kritis ( $^{\circ}C$ )	361	290
Tekanan kritis (atm)	46	45
Viskositas (cp)	1,43	2,60
Kapasitas panas (J/mol.K)	175	160
Wujud	Cair dan bening	Cair tidak berwarna
Kemurnian	98%	99,5%

(Yaws, 1999)



### 2.1.2. Spesifikasi Bahan Pembantu

**Table 2.2** Spesifikasi bahan pembantu

Komponen	Asam Sulfat	Natrium Hidroksida
Rumus molekul	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaOH
Berat molekul (g/gmol)	98	40
Titik didih normal (°C)	270	1.390
Titik beku (°C)	-	323
Titik lebur (°C)	10	-
Densitas (kg/L)	1,8	2,1
Suhu kritis (°C)	652	2.547
Tekanan kritis (bar)	64	253
Viskositas (cp)	24	78
Wujud	Cair tidak berwarna	Cair putih
Kemurnian	93%	50%

(Perry,1984)

### 2.2. Spesifikasi Produk n-Butil Metakrilat

Rumus kimia : C<sub>8</sub>H<sub>14</sub>O<sub>2</sub>

Berat molekul : 14,2 g/mol

Kemurnian : 99%

Densitas : 896 kg/m<sup>3</sup>

Titik didih : 160,85°C

Titik beku : -60°C

Temperature kritis : 313°C

Tekanan kritis : 49 atm

Wujud : Cair bening

(Perry, 1984)

## 2.3. Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas bertujuan untuk menjaga kualitas produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan, mulai dari kualitas bahan baku hingga kualitas produk. Pengendalian kualitas pada pabrik n-butyl metakrilat sebagai berikut:

### 2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku ini bertujuan untuk mengetahui kualitas bahan yang akan digunakan sehingga sesuai dengan rancangan jumlah dan standar produksi. Dengan demikian dapat terhindar dari penyimpangan atau kesalahan karena ketidaksesuaian bahan baku dalam proses produksi.

### 2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses

Pengendalian kualitas proses bertujuan untuk mengontrol selama proses produk sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Pengendalian kualitas proses dilakukan dengan *automatic control* menggunakan indikator yang diatur dengan nilai tertentu. Apabila pada indikator terjadi penyimpangan, dapat dilakukan pengaturan ulang secara otomatis ataupun manual.

Beberapa alat kontrol yang biasa digunakan diantaranya :

a. *Temperature control* (TC)

Alat kontrol yang digunakan untuk mengamati dan mengatur suhu di suatu alat proses, sehingga suhu tetap dalam nilai yang telah ditentukan

b. *Level Control* (LC)

Alat kontrol yang digunakan untuk mengamati dan mengatur ketinggian cairan dalam suatu alat proses

c. *Flow Control* (FC)

Alat kontrol yang digunakan untuk mengamati dan mengatur laju aliran cairan dalam suatu alat proses

### 2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk

Untuk dapat mencapai produk yang sesuai dengan spesifikasi yang telah dirancang maka diperlukan pengendalian kualitas, agar spesifikasi produk yang diproduksi dapat terus ditinjau baik dari sifat kimia maupun sifat fisiknya. Keterkendalian proses dan bahan baku dapat mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan.



## BAB III

### PERANCANGAN PROSES

#### 3.1. Uraian Proses

N-butyl metakrilat dibuat dengan reaksi eksterifikasi menggunakan bahan baku asam metakrilat, butanol, dan asam sulfat sebagai katalis. Terdapat tiga tahapan yang dilakukan dalam proses pembuatan n-butyl metakrilat yaitu persiapan bahan baku, eksterifikasi, dan pemisahan produk.

Bahan baku berupa butanol ( $C_4H_9OH$ ) dari tangki penyimpanan (T-02) dan asam metakrilat ( $C_4H_6O_2$ ) dari tangki penyimpanan (T-01) dialirkan menuju *mixer* untuk proses pencampuran dengan *recycle* hasil atas dari menara distilasi. Larutan *recycle* ini terdiri dari air, butanol, dan butyl metakrilat. Pencampuran ini dilakukan menggunakan suhu operasi  $30^\circ C$  dengan tekanan 1 atm. Setelah itu cairan dialirkan menuju reaktor, dan sebelum memasuki reaktor campuran cairan ini dipanaskan dahulu hingga suhu mencapai  $92^\circ C$  menggunakan *heat exchanger* (HE-01). Kemudian katalis yang berupa asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dari tangki penyimpanan (T-03) dialirkan ke reaktor, sebelum memasuki reaktor cairan asam sulfat dipanaskan terlebih dahulu dari suhu  $30^\circ C$  menjadi  $92^\circ C$  menggunakan *heat exchanger* (HE-03)

Didalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) terjadi eksterifikasi antara butanol dan asam metakrilat menggunakan katalis asam sulfat yang kemudian menghasilkan butyl metakrilat dengan reaksi eksotermis dan kondisi operasi isothermal pada suhu operasi  $92^\circ C$  tekanan 1 atm. Didapatkan konversi 84% dari reaksi yang terjadi, kemudian digunakan pendingin berupa jaket yang dialiri air agar suhu reaksi dapat dipertahankan. Setelah itu cairan dialirkan ke *neutralizer*, namun sebelum memasuki *neutralizer* cairan didinginkan terlebih dahulu menggunakan *cooler* (CL-01) hingga suhu  $70^\circ C$ .

Didalam *neutralizer* terjadi penetralan asam sulfat dan asam metakrilat menggunakan natrium hidroksida (NaOH) 50%. Natrium hidroksida dialirkan dari tangki penyimpanan (T-03). Sebelum masuk *neutralizer* larutan natrium hidroksida dipanaskan terlebih dahulu dari suhu 30 °C hingga 70 °C menggunakan *heat exchanger* (HE-04). Setelah *neutralizer* kemudian cairan dialirkan menuju dekanter untuk memisahkan cairan menjadi dua fase yaitu fase ringan atau fase organik dengan kandungan butanol, butil metakrilat dengan sedikit air, dan fase berat atau fase anorganik dengan kandungan butanol dan butil metakrilat yang terlarut dalam air, dan garam-garam yang terdiri dari natrium sulfat dan natrium metakrilat. Fase berat atau fase anorganik yang merupakan hasil bawah akan dibuang ke unit pengolahan limbah, namun sebelumnya cairan fase berat ini didinginkan terlebih dahulu hingga suhu mencapai 30 °C menggunakan *cooler* (CL-02) dan fase ringan atau fase organik yang merupakan hasil atas dekanter akan dialirkan menuju menara distilasi.

Sebelum memasuki menara distilasi, cairan fase ringan atau hasil atas dekanter akan dipanaskan terlebih dahulu hingga suhu mencapai 159 °C menggunakan *heat exchanger* (HE-04). Didalam menara distilasi cairan dipisahkan lagi menjadi dua hasil yaitu pertama hasil atas berupa air, butanol, dan butil metakrilat yang akan di *recycle* dan di campur dengan bahan baku lain di dalam *mixer*, sebelum memasuki *mixer* cairan *recycle* ini didinginkan terlebih dahulu hingga suhu mencapai 30°C menggunakan *cooler* (CL-03) dan diturunkan tekanannya hingga 1 atm menggunakan kran ekspansi (EV-01). Kedua adalah hasil bawah yang berupa produk (butil metakrilat dan butanol). Hasil bawah atau produk ini kemudian akan dialirkan menuju tangki penyimpanan (T-05), dan sebelum memasuki tangki penyimpanan (T-05) produk akan didinginkan terlebih dahulu hingga suhunya mencapai 30 °C menggunakan *cooler* (CL-04) dan diturunkan tekanannya hingga 1 atm menggunakan kran ekspansi (EV-02).

### 3.2. Spesifikasi Alat

**Tabel 3. 1** Spesifikasi Tangki Penyimpanan

Nama	Tangki Penyimpanan C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	Tangki Penyimpanan C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	Tangki Penyimpanan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Tangki Penyimpanan NaOH	Tangki Penyimpanan C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>
Kode	T-01	T-02	T-03	T-04	T-05
Fungsi	Menyimpan bahan baku asam metakrilat sebanyak 2.120 kg/jam.	Menyimpan bahan baku butanol sebanyak 2.332 kg/jam.	Menyimpan bahan baku asam sulfat sebanyak 67 kg/jam.	Menyimpan bahan baku natrium hidroksida sebanyak 414 kg/jam.	Menyimpan produk butil metakrilat sebanyak 2.904 kg/jam.
Jenis	Tangki silinder tegak, <i>flat bottom with conical roof</i>	Tangki silinder tegak, <i>flat bottom with conical roof</i>	Tangki silinder tegak, <i>flat bottom with conical roof</i>	Tangki silinder tegak, <i>flat bottom with conical roof</i>	Tangki silinder tegak, <i>flat bottom with conical roof</i>
Fase	Cair	Cair	Cair	Cair	Cair
Jumlah	1	1	1	1	1
Course Plate	3	3	2	2	3
Kondisi Operasi	Suhu (°C)	30	30	30	30
	Tekanan (atm)	1	1	1	1
Bahan	<i>Stainless steel SA 167 type 316</i>	<i>Stainless steel SA 167 type 316</i>	<i>Stainless steel SA 167 type 316</i>	<i>Stainless steel SA 167 type 316</i>	<i>Stainless steel SA 167 type 316</i>
Kapasitas tangki (kg)	664.822	731.304	21.231	93.366	975.758
Diameter tangki (m)	9	11	3	5	11
Tinggi tangki (m)	5	5	4	4	6
Tebal <i>Shell</i> (in)	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187
Tebal <i>Head</i> (in)	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187
Harga (\$)	658.158	811.218	74.999	146.938	1.102.032

**Tabel 3.2** Spesifikasi Mixer

Nama	Mixer-01
Kode	M-01
Fungsi	Mencampurkan $C_4H_6O_2$ , $C_4H_9OH$ , dan umpan recycle
Jenis	Tangki berpengaduk
Jumlah	1
Tekanan (atm)	1
Suhu ( $^{\circ}C$ )	30
Fase	Cair
Bahan konstruksi	<i>Stainless steel SA 167 type 316</i>
Bentuk head	<i>Torispherical dished head</i>
Tebal shell (m)	0,005
Tebal head (m)	0,006
Diameter (m)	1,4
Tinggi total mixer (m)	2,6
Harga (\$)	85.714

**Tabel 3.3** Spesifikasi Reaktor

Nama	Reaktor-01
Kode	R-01
Fungsi	Tempat terjadinya reaksi eksterifikasi antara asam metakrilat dengan butanol menggunakan katalis asam sulfat
Tipe	Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Jumlah	1
Tekanan (atm)	1
Suhu ( $^{\circ}C$ )	92
Fase	Cair
Bahan konstruksi	<i>Stainless steel SA 167 type 316</i>
Tebal shell (m)	0,005
Tebal head (m)	0,006
Katalis	Asam sulfat
Diameter (m)	1,8
Tinggi total reaktor (m)	3,37
Harga (\$)	91.836

**Tabel 3.4** Spesifikasi Neutraliser

Nama	Netraliser-01
Kode	N-01
Fungsi	Tempat penetralan $C_4H_6O_2$ dan $H_2SO_4$ menggunakan NaOH
Jenis	Tangki Berpengaduk
Jumlah	1
Tekanan (atm)	1
Suhu ( $^{\circ}C$ )	70
Fase	Cair
Bahan konstruksi	<i>Stainless steel SA 167 type 316</i>
Tebal <i>shell</i> (m)	0,006
Tebal <i>head</i> (m)	0,006
Diameter (m)	1,2
Tinggi total (m)	2,3
Harga (\$)	50.510

**Tabel 3.5** Spesifikasi Dekanter

Nama	Dekanter-01
Kode	D-01
Fungsi	Tempat memisahkan butil metakrilat dari campurannya berdasarkan densitas komponennya
Bentuk	Vertikal silinder dengan tutup torispherical dishead
Jumlah	1
Tekanan (atm)	1
Suhu ( $^{\circ}C$ )	70
Fase	Cair
Bahan konstruksi	<i>Stainless steel SA 167 type 316</i>
Tebal <i>shell</i> (m)	0,005
Tebal <i>head</i> (m)	0,005
Diameter (m)	0,965
Tinggi total (m)	3,2
Harga (\$)	15.306



**Tabel 3.6** Spesifikasi Menara Distilasi

Nama			Menara Distilasi-01
Kode			MD-01
Fungsi			Memisahkan butil metakrilat dengan komponen Lainnya
Jumlah			1
Kondisi Operasi	Umpan Menara	Suhu (°C)	159
		Tekanan (atm)	2,3
	Puncak Menara	Suhu (°C)	146
		Tekanan (atm)	2,3
	Dasar Menara	Suhu (°C)	197
		Tekanan (atm)	2,3
Letak umpan masuk			Stage 7
Jumlah <i>Plate</i>			12
Diameter (m)			3
Tebal <i>Shell</i> (m)			0,01
Tebal <i>Head</i> (m)			0,01
Tinggi (m)			13,1
Bahan Konstruksi			<i>Stainless steel SA 167 type 316</i>
Harga (\$)			364.436

**Tabel 3.7** Spesifikasi Kondenser

Nama		Condenser-01
Kode		CD-01
Fungsi		Mengembunkan uap hasil atas MD
Jenis		Condenser Total <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Bahan		<i>Stainless steels SA-167 Type 316</i>
Luas Transfer Panas (ft <sup>2</sup> )		38,43
Beban Panas (Btu/jam)		671.569
<i>Inner pipe</i>	ID (in)	1,05
	OD (in)	1,32
<i>Outer pipe</i>	ID (in)	1,61
	OD (in)	1,90
Rd (Btu/jam · ft <sup>2</sup> · °F)		0,029
Uc (Btu/jam · ft <sup>2</sup> · °F)		775
Ud (Btu/jam · ft <sup>2</sup> · °F)		161
Harga (\$)		6.429

**Tabel 3.8** Spesifikasi Reboiler

Nama	<i>Reboiler-01</i>	
Kode	RB—01	
Fungsi	Menguapkan cairan yang keluar dari MD sebagai hasil bawah	
Jenis	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	
Bahan	<i>Stainless steels SA-167 Type 316</i>	
Luas Transfer Panas (ft <sup>2</sup> )	37,71	
Beban Panas ( btu/jam)	1.755.683	
<i>Inner pipe</i>	ID (in)	1,05
	OD (in)	1,32
<i>Outer pipe</i>	ID (in)	1,61
	OD (in)	1,90
Rd (Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F)	0,006	
Uc (Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F)	929	
Ud (Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F)	136	
Harga (\$)	6.505	

**Tabel 3.9** Spesifikasi Akumulator

Nama	Accumulator-01	
Kode	ACC-01	
Fungsi	Menampung sementara hasil atas menara distilasi (MD) yang keluar dari kondensor (CD)	
Jenis	Tangki silinder horizontal	
Bahan	<i>Stainless steels SA-167 Type 316</i>	
Diameter (m)	0,442	
Panjang (m)	2,649	
Tebal shell (in)	0,188	
Tebal head (in)	0,188	
Harga (\$)	6.888	

**Tabel 3.10** Spesifikasi Heat Exchanger

Nama	<i>Heat Exchanger -01</i>	<i>Heat Exchanger -02</i>	<i>Heat Exchanger -03</i>	<i>Heat Exchanger -04</i>
Kode	HE-01	HE-02	HE-03	HE-04
Fungsi	Menaikkan temperatur cairan dari mixer suhu 30°C menjadi 92°C menuju RATB	Menaikkan temperatur H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> dari 30°C menjadi 92°C menuju RATB	Menaikkan temperatur angka NaOH dari 30°C menjadi 70°C menuju Neutralizer	Menaikkan temperatur dari dekanter suhu 30°C menjadi 159°C menuju menara distilasi
Jenis	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Bahan	<i>Stainless steels SA-167 Type 316</i>	<i>Stainless steels SA-167 Type 316</i>	<i>Stainless steels SA-167 Type 316</i>	<i>Stainless steels SA-167 Type 316</i>
Beban Panas (kJ/jam)	568.377	5.860	33.798	729.618
Luas Transfer Panas (ft <sup>2</sup> )	102	2,27	7,53	44
<i>Inner Pipe</i>	ID (in)	1,38	1,38	1,38
	OD (in)	1,67	1,67	1,67
<i>Outer Pipe</i>	ID (in)	2,07	2,07	2,07
	OD (in)	2,38	2,38	2,38
Rd (Btu/jam · ft <sup>2</sup> · °F)	0,006	0,643	0,098	0,038
Uc (Btu/jam · ft <sup>2</sup> · °F)	404	2,21	9,95	459
Ud (Btu/jam · ft <sup>2</sup> · °F)	114	0,913	5,04	25
Harga (\$)	4.898	4.286	4.362	4.592

**Tabel 3.11** Spesifikasi Cooler

Nama	<i>Cooler -01</i>	<i>Cooler -02</i>	<i>Cooler -03</i>	<i>Cooler -04</i>
Kode	CL-01	CL-02	CL-03	CL-04
Fungsi	Menurunkan temperatur dari reaktor dengan 92°C menjadi 70°C menuju netraliser	Menurunkan temperatur dari dekanter dengan 70°C menjadi 30°C menuju UPL	Menurunkan temperatur kondenser dari 144°C menjadi 30°C menuju mixer	Menurunkan temperatur reboiler dari 201°C menjadi 30°C menuju produk
Jenis	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Bahan	<i>Stainless steels SA-167 Type 316</i>	<i>Stainless steels SA-167 Type 316</i>	<i>Stainless steels SA-167 Type 316</i>	<i>Stainless steels SA-167 Type 316</i>
Beban Panas (kJ/jam)	9.257	134	329	1.510
Luas Transfer Panas (ft <sup>2</sup> )	2,96	0,171	0,264	1,101
<i>Inner Pipe</i>	ID (in)	1,38	1,38	1,38
	OD (in)	1,67	1,67	1,67
<i>Outer Pipe</i>	ID (in)	2,07	2,07	2,07
	OD (in)	2,38	2,38	2,38
Rd (Btu/jam · ft <sup>2</sup> · °F)	0,086	115	11,87	2,83
Uc (Btu/jam · ft <sup>2</sup> · °F)	48,68	14,06	21,07	33,96
Ud (Btu/jam · ft <sup>2</sup> · °F)	9,39	0,815	0,084	0,350
Harga (\$)	4.439	3.980	4.056	4.133

**Tabel 3.12** Spesifikasi Expansion Valve

Nama	Expansion Valve - 01	Expansion Valve – 02
Kode	EV-01	EV-02
Fungsi	Menurunkan tekanan hasil atas MD dari 2,2 atm menjadi 1 atm	Menurunkan tekanan hasil bawah MD dari 2,5 atm menjadi 1 atm
Jenis	<i>Globe valve</i>	<i>Globe valve</i>
IPS (in)	0,5	1,25
Sch	40	40
OD (in)	0,84	1,66
ID (in)	0,62	1,38
Luas Area (ft <sup>2</sup> )	0,002	0,01
Kecepatan alir (m/s)	0,78	1,17
Jumlah (buah)	1	1
Harga (\$)	429	444

**Tabel 3.13** Spesifikasi Pompa

Nama	Pompa 1	Pompa 2	Pompa 3	Pompa 4	Pompa 5	Pompa 6
Kode	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
Fungsi	Mengalirkan umpan dari mobil ke tangki C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	Mengalirkan umpan dari mobil ke tangki C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	Mengalirkan umpan dari mobil ke tangki H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Mengalirkan umpan dari mobil ke tangki NaOH	Mengalirkan larutan C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub> dari tangki C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub> ke mixer	Mengalirkan larutan C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH dari tangki C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH ke mixer
Jenis	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Kapasitas (gpm)	10,38	14,30	0,19	1,001	10,38	14,30
Ukuran pipa	ID (in)	1,61	1,61	0,364	1,61	1,61
	OD (in)	1,90	1,90	0,540	1,90	1,90
	SCH	40	40	40	40	40
	IPS (in)	1,5	1,5	0,25	1,5	1,5
Head pompa (m)	1,66	1,7	1,62	1,65	1,66	1,7
Daya pompa (HP)	0,079	0,074	0,023	0,033	0,079	0,074
Motor Penggerak (HP)	0,125	0,125	0,05	0,083	0,125	0,125
Harga (\$)	7.500	7.806	5.816	6.122	7.500	7.806

**Tabel 3.14** Lanjutan Tabel 3.13 Spesifikasi Pompa

Nama	Pompa 7	Pompa 8	Pompa 9	Pompa 10	Pompa 11	Pompa 12
Kode	P-07	P-08	P-09	P-10	P-11	P-12
Fungsi	Mengalirkan campuran larutan dari mixer ke reaktor 01	Mengalirkan larutan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> dari tangki H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> menuju reaktor	Mengalirkan larutan hasil reaktor menuju netralizer	Mengalirkan larutan NaOH dari tangki NaOH ke neutralizer	Mengalirkan larutan keluar neutralizer ke dekanter	Mengalirkan larutan hasil atas dekanter ke menara distilasi
Jenis	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Kapasitas (gpm)	27,12	0,189	27,37	1,003	29,91	23,92
Ukuran pipa	ID (in)	2,07	0,364	2,07	0,622	2,07
	OD (in)	2,38	0,540	2,38	0,840	2,38
	SCH	40	40	40	40	40
	IPS (in)	2	0,25	2	0,5	2,5
Head pompa (m)	1,67	1,63	1,67	1,65	1,65	1,68
Daya pompa (HP)	0,097	0,023	0,098	0,022	0,097	0,094
Motor Penggerak (HP)	0,167	0,05	0,167	0,05	0,167	0,167
Harga (\$)	9.184	5.816	9.337	6.275	9.643	8.877

**Tabel 3.15** Lanjutan Tabel 3.14 Spesifikasi Pompa

Nama	Pompa 13	Pompa 14	Pompa 15
Kode	P-13	P-14	P-08
Fungsi	Mengalirkan larutan hasil bawah dekanter ke unit pengolahan limbah	Mengalirkan larutan keluar accumulator untuk sebagian dikembalikan ke menara distilasi dan sebagian sebagai refluks	Mengalirkan produk dari reboiler ke tangki C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>
Jenis	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Kapasitas (gpm)	5,99	6,44	17,49
Ukuran pipa	ID (in)	1,05	2,07
	OD (in)	1,32	2,38
	SCH	40	40
	IPS (in)	3	2
Head pompa (m)	1,75	1,65	1,65
Daya pompa (HP)	0,059	0,053	0,081
Motor Penggerak (HP)	0,125	0,083	0,125
Harga (\$)	6.735	7.041	8.265

### 3.3 Perencanaan Proses

#### 3.3.1 Kapasitas Perancangan

Penentuan kapasitas perancangan didasarkan pada kebutuhan n-butyl metakrilat di Indonesia, ketersediaan bahan baku dan ketentuan kapasitas minimal. Kebutuhan n-butyl metakrilat mengalami peningkatan setiap tahunnya. Hal ini dikarenakan semakin berkembangnya industri yang menggunakan bahan n-butyl metakrilat. Selain itu, dalam memenuhi kebutuhan n-butyl metakrilat masih dilakukan secara impor. Dan juga belum adanya pabrik yang memproduksi n-butyl metakrilat di Indonesia. Sehingga menunjukkan adanya potensi untuk didirikannya pabrik n-butyl metakrilat. Dari pertimbangan tersebut maka ditentukan kapasitas pabrik sebesar 23.000 ton/tahun.

### **3.3.2 Perencanaan Bahan Baku Dan Alat Proses**

Terdapat dua hal yang perlu diperhatikan dalam menyusun perencanaan proses, yaitu faktor internal dan faktor eksternal.

#### **3.3.2.1 Faktor Internal**

Faktor internal berkaitan dengan kemampuan pabrik dalam memproduksi produk yang dihasilkan. Pada umumnya pabrik ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu :

a) Material (bahan baku)

Target produksi yang diinginkan akan tercapai apabila menggunakan material yang memenuhi standar kualitas dan kuantitas.

b) Mesin (peralatan)

Terdapat dua hal yang dapat mempengaruhi kemampuan mesin, yaitu jam kerja mesin efektif dan kemampuan mesin. Jam kerja efektif mesin merupakan kemampuan suatu alat untuk beroperasi dalam menghasilkan kapasitas yang diinginkan pada periode waktu tertentu. Kemampuan mesin merupakan kemampuan suatu alat selama proses produksi.

c) Manusia (tenaga kerja)

Perlu dilakukan pelatihan atau training untuk meningkatkan keterampilan pada karyawan, sehingga mengurangi hal yang dapat menimbulkan kerugian pabrik

#### **3.3.2.2 Faktor Eksternal**

Faktor eksternal berkaitan dengan kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan. Dalam kemampuan pasar terdapat dua kemungkinan, yaitu :

a) Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan dengan kemampuan pabrik, rencana produksi akan disusun secara maksimal

b) Kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan dengan kemampuan pabrik, sehingga diperlukan alternatif dalam menyusun rencana produksi. Alternatif rencana produksi diantaranya



- Rencana produksi menyesuaikan kemampuan pasar atau menurunkan rencana produksi menyesuaikan kemampuan pasar dengan mempertimbangkan untung dan rugi
- Rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan produk lebih akan disimpan atau akan dipasarkan pada tahun berikutnya
- Mencari daerah pemasaran baru



## **BAB IV**

### **PERANCANGAN PABRIK**

Sebelum pendirian pabrik dibutuhkan perhitungan biaya yang terperinci. Untuk membuat perhitungan yang terperinci ini diperlukan informasi yang dapat diandalkan tentang data biaya bangunan dan tempat. Ada beberapa syarat penting yang digunakan sebagai perkiraan perincian biaya yaitu jenis dan jumlah peralatan, kelistrikan, tata letak peralatan, fasilitas bangunan, dan desain sarana perpipaan. Dengan data-data tersebut biaya untuk rancangan pendirian pabrik dapat diperkirakan dengan akurat.

#### **4.1 Lokasi Pabrik**

Salah satu faktor untuk menentukan keberlangsungan dan kemajuan pabrik dalam industri adalah pemilihan lokasi pabrik. Kesetabilan pabrik sekarang maupun dimasa yang akan datang sangat dipengaruhi oleh lokasi yang dipilih untuk pendirian pabrik tersebut. Hal ini disebabkan oleh faktor distribusi dan produksi, lokasi yang tepat dapat mempelancar faktor-faktor tersebut. Perhitungan biaya pendistribusian dan produksi yang minimal serta pertimbangan budaya dan sosiologi masyarakat sekitar merupakan aspek-aspek yang harus dipertimbangkan untuk menentukan lokasi pabrik yang tepat. (Timmerhaus, 2004)

Pabrik n-butyl metakrilat dari asam metakrilat dan butanol menggunakan katalis asam sulfat dengan kapasitas 23.000 ton/tahun direncanakan didirikan di Cilegon, Banten. Pemilihan lokasi ini berdasarkan pertimbangan beberapa faktor, diantaranya adalah:

##### **A. Penyediaan Bahan Baku**

Pengadaan bahan baku harus sangat diperhatikan untuk keberlangsungan suatu pabrik, mengingat bahan baku yang merupakan kebutuhan utama suatu pabrik. Ketersediaan atau keterjangkauannya transportasi yang cukup merupakan syarat penting dari pabrik yang akan didirikan. Bahan baku asam sulfat didapat dari PT. Indonesia Acid Industry, Jakarta yang berkapasitas 82.500 ton/tahun.

Butanol diperoleh dari PT. Oxo Nusantara, Gresik yang berkapasitas 60.000 ton/tahun. Sedangkan asam metakrilat didapat dari PT. Nippon Shokubai, Cilegon yang berkapasitas 80.000 ton/tahun. Natrium hidroksida dapat diperoleh dari PT. Sulfindo Adiusaha dengan kapasitas 215.000 ton/tahun. Dipilihnya lokasi Cilegon karena daerah tersebut dekat dengan pelabuhan sehingga dapat mempermudah dalam pengangkutan bahan baku. Selain itu daerah Cilegon merupakan kawasan industri yang dekat dengan pelabuhan merak yang memungkinkan mudahnya kegiatan ekspor dan impor.

#### B. Pemasaran Produk

Cilegon merupakan salah satu daerah industri dengan sarana transportasi yang cukup baik. Daerah ini dekat dengan pelabuhan sehingga pemasaran produk dapat dilakukan melalui laut maupun jalan darat. Cilegon juga merupakan daerah industri kimia dengan perkembangan industri yang cukup bagus dan pesat, sehingga bagus untuk dijadikan pemasaran n-butyl metakrilat. N-butyl metakrilat bisa dipasarkan untuk industri cat, industri kertas, dan industri tekstil yang ada di Cilegon, selain itu juga n-butyl metakrilat dapat dipasarkan keluar Cilegon, mengingat dekatnya pelabuhan sehingga pemasaran produk lebih mudah.

#### C. Transportasi

Ketersediaan sarana transportasi baik melalui laut maupun jalan darat dapat mempermudah dalam pemasaran produk dan pengangkutan bahan baku. Adanya pelabuhan dapat digunakan untuk berlabuhnya kapal, adanya pelabuhan ini lebih menguntungkan karena sarana transportasi lebih lengkap dan kegiatan produksi serta pemasaran dapat berjalan dengan lancar baik lingkup domestik ataupun internasional.

#### D. Utilitas

Yang dibutuhkan untuk sarana utilitas adalah bahan bakar, listrik, dan air. Cilegon merupakan daerah yang dekat dengan sumber pasokan air seperti laut dan sungai sehingga mudah untuk memperoleh penyediaan air. Selain dekat

dengan laut dan sungai, daerah ini juga dekat dengan PLTU dan Pertamina sehingga mudah untuk memperoleh pasokan bahan bakar dan listrik.

#### E. Keadaan Iklim

Daerah Cilegon merupakan daerah yang jarang terjadi bencana alam seperti tanah longsor, banjir, maupun gempa bumi. Iklim di daerah ini sama seperti iklim-iklim di daerah lainnya yang memiliki iklim tropis yaitu kisaran suhu udara 21-35°C. Dengan keadaan yang cukup stabil ini proses operasi dapat dijalankan dengan lancar.

#### F. Tenaga Kerja

Salah satu modal utama untuk mendirikan suatu pabrik adalah tenaga kerja. Sebagian besar kelancaran dalam proses produksi dipengaruhi oleh tenaga kerja. Sehingga adanya tenaga kerja yang terdidik dan terampil sangat dibutuhkan. Tenaga kerja yang terampil seperti operator kebawah bisa diperoleh dari masyarakat sekitar. Sedangkan untuk tenaga kerja potensial dan berkualitas dapat diperoleh dari seluruh alumni universitas di Indonesia ataupun tenaga asing.

#### G. Faktor Penunjang Lain

Dalam jalannya proses industri, faktor penunjang lain tidak berpengaruh secara langsung. Namun dari segi kelancaran proses produksi suatu pabrik sangat dipengaruhi oleh faktor penunjang lain ini. Faktor ini seperti perijinan, prasarana dan fasilitas sosial serta perluasan area pabrik. Dengan penetapan Cilegon sebagai daerah khusus kawasan industri perijinan pendirian pabrik lebih mudah untuk didapatkan, serta perluasan area pabrik juga lebih mudah untuk dilakukan. Selain itu daerah industri ini memiliki lingkungan yang baik untuk peningkatan taraf hidup dan kesejahteraan masyarakat sekitar karena terdapatnya fasilitas sosial yang lengkap seperti perumahan, tempat ibadah, sarana pendidikan, bank, dan hiburan.

## 4.2 Tata Letak Pabrik

Ketetapan tata letak pabrik sangat berpengaruh terhadap keselamatan, kelancaran, serta efisiensi pekerja dan proses produksi. Fungsi dari tata letak pabrik sendiri yaitu sebagai pengatur susunan letak bangunan daerah proses, kantor, utilitas, area perlengkapan, gedung, dan lainnya untuk menjamin proses produksi berjalan dengan lancar.

Aktivitas pekerja dan jalannya proses merupakan dasar pertimbangan untuk mengatur tata letak bangunan suatu pabrik. Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pembuatan tata letak suatu pabrik adalah:

- A. Keamanan, hal ini merupakan faktor terpenting dalam penentuan tata letak suatu pabrik. Walaupun sudah terdapat alat-alat keamanan seperti reservoir air yang cukup, asuransi pabrik, hydrant, dan penahan ledakan, faktor pencegah lainnya harus tetap ada. Faktor lain ini seperti mengatur letak alat dan bahan yang berpotensi menimbulkan bahaya terutama ledakan dan kebakaran ditempat khusus yang memiliki jarak antar ruang yang cukup.
- B. Kemudahan untuk mengontrol hasil produksi, proses dan operasi, serta pemilihan peralatan harus disesuaikan.
- C. Pendistribusian utilitas dan ekonomi yang tepat. Ekonomi disini termasuk harga tanah yang harus disesuaikan dengan efisiensi penggunaan ruang.
- D. Kemungkinan terjadinya perluasan pabrik dan penambahan bangunan. Untuk kebutuhan ini maka harus disiapkan sebagian area untuk kebutuhan khusus yang akan datang.
- E. Fasilitas jalan. Jalan raya sangat dibutuhkan untuk proses pengangkutan , sehingga untuk kelancaran proses diperlukan penempatan jalan yang tepat.
- F. Ruang bebas untuk gerak yang cukup didalam peralatan proses dan lainnya.
- G. Pengolahan limbah supaya tidak mencemari dan mengganggu lingkungan.

Adapun perincian luas tanah sebagai bangunan pabrik dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

**Tabel 4.1** Rincian luas tanah bangunan pabrik

Lokasi	Panjang (m)	Lebar(m)	Luas (m <sup>2</sup> )
Kantor Utama	30	10	300
Pos Keamanan	3	3	18
Rumah Dinas	15	15	225
Pakir Utama	15	10	150
Parkir Truk	15	20	300
Ruang Timbang Truk	15	20	300
Kantor Teknik dan Produksi	15	10	150
Poliklinik	7	7	49
Masjid	10	10	100
Kantin	10	10	100
Bengkel	15	10	150
Unit pemadaman kebakaran	10	10	100
Gudang alat	15	10	150
Laboratorium	15	10	150
Area Utilitas	25	20	500
Area Proses	70	40	2800
<i>Control Room</i>	10	10	100
<i>Control Utilitas</i>	8	8	64
Jalan	400	5	2000
Taman	20	5	100
Perluasan Pabrik	25	20	500
<b>Luas Tanah</b>			<b>8306</b>
<b>Luas Bangunan</b>			<b>5706</b>
<b>Total</b>		250	<b>14012</b>

### 4.3 Tata Letak Alat Proses

Tata letak alat proses merupakan penyusunan letak peralatan proses pabrik sehingga lebih efisien. Pertimbangan yang dapat dilakukan dalam penyusunan tata letak alat proses sebagai berikut :

a) Aliran bahan baku dan produk

Penyusunan alur aliran bahan baku dan produk yang tepat mempengaruhi kelancaran dan keamanan berlangsungnya proses produksi. Selain itu dapat memberikan keuntungan ekonomis yang besar.

b) Jarak antar alat proses

Perlu diperhatikannya penyusunan letak alat proses sehingga jarak antara alat satu dan lainnya memiliki ruang yang cukup. Untuk alat proses dengan tekanan dan suhu yang tinggi, sebaiknya dipisahkan dari alat proses yang lain. Hal tersebut dilakukan untuk menghindari bahaya seperti ledakan atau kebakaran yang dapat membahayakan alat proses lainnya.

c) Operasi

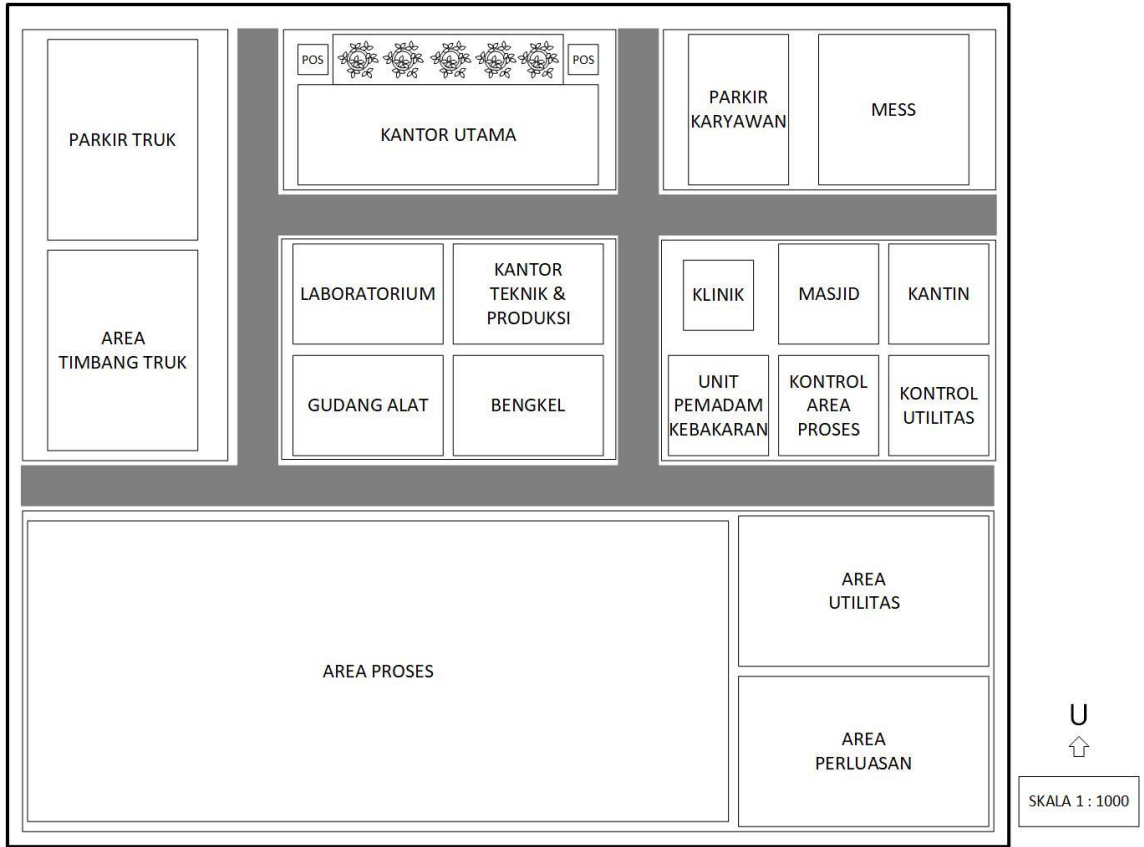
Merancang letak *control room* dekat dengan alat proses yang membutuhkan perhatian lebih dari operator. Tempat pengambilan sampel, *valve*, dan instrumen dirancang dengan posisi dan ketinggian yang mudah dijangkau oleh operator.

d) Perawatan

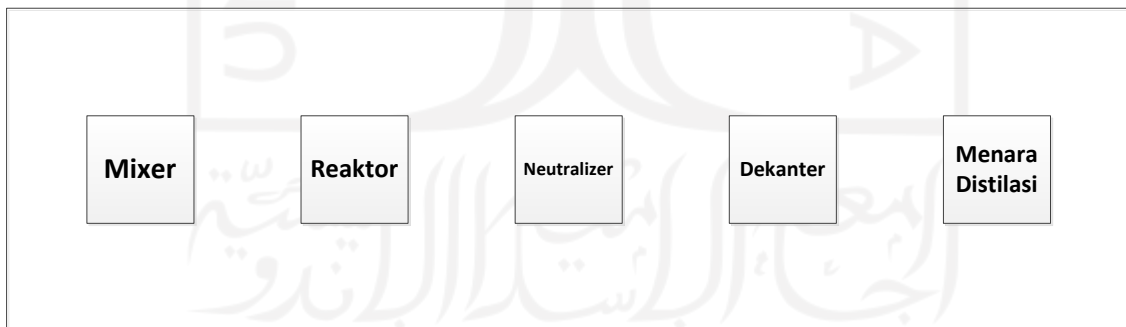
Penyusunan letak alat proses diberikan ruang gerak yang cukup, sehingga memudahkan dalam melakukan perawatan atau pembersihan dan memperbaiki alat yang rusak. Sebagai contoh pada *heat exchanger* yang membutuhkan ruangan untuk pembersihan *tube*.

e) Ekonomi

Melakukan perancangan alat proses dengan baik, sehingga dapat meminimalisir biaya konstruksi dan biaya operasi dengan mempertimbangkan kelancaran serta keamanan proses produksi.



**Gambar 4.1** Tata letak pabrik



**Gambar 4.2** Tata letak alat proses



## 4.4 Air Proses dan Material

### 4.4.1 Neraca Massa

**Tabel 4.2** Neraca massa *Mixer*

Komponen	Masuk (kg/jam)			Keluar (kg/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 10	Arus 3
C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	2.099	0	0	2.099
C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	0	2.309	293	2.601
C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	0	0	145	145
H <sub>2</sub> O	21	23	87	132
Subtotal	2.120	2.332	526	4.978
Total	4.978			

**Tabel 4.3** Neraca massa Reaktor

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Arus 3	Arus 4	Arus 5
C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	2.099	0	336
C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	2.601	0	1.084
C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	145	0	3.058
H <sub>2</sub> O	132	5	506
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	63	63
Subtotal	4.978	67	5.046
Total	5.046		

**Tabel 4.4** Neraca massa *Neutralizer*

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Arus 5	Arus 6	Arus 7
C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	336	0	0
C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	1.084	0	1.084
C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	3.058	0	3.058
H <sub>2</sub> O	506	207	806
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	63	0	0
NaOH	0	207	0
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	0	91
C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> COONa	0	0	422
Subtotal	5.046	415	5.461
Total	5.461		

**Tabel 4.5** Neraca massa Dekanter

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 7	Arus 8	Arus 9
C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	1.084	1.020	63
C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	3.058	3.055	3
H <sub>2</sub> O	806	92	715
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	91	0	91
C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> COONa	422	0	422
Subtotal		4.167	1.294
Total	5.461	5.461	

**Tabel 4.6** Neraca massa Menara Distilasi

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 8	Arus 10	Arus 11
C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	1.020	1.019	2
C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	3.055	153	2.902
H <sub>2</sub> O	92	92	0
Subtotal		1.263	2.904
Total	4.167	4.167	

#### 4.4.2 Neraca Panas

**Tabel 4.7** Neraca panas *Mixer*

Komponen	Panas Masuk	Panas Keluar
C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	4.282	4.282
C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	5.646	5.646
C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	296	296
H <sub>2</sub> O	559	559
Total	10.783	10.783

**Tabel 4.8** Neraca panas Reaktor

Komponen	Panas Masuk	Panas Keluar
C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	307.070	49.131
C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	404.715	168.557
C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	21.141	444.352
H <sub>2</sub> O	38.966	144.188
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	6.385	6.385
ΔHR	1.340.972	0
Q Pendinginan	0	1.306.638
Total	2.119.252	2.119.252

**Tabel 4.9** Neraca panas *Neutralizer*

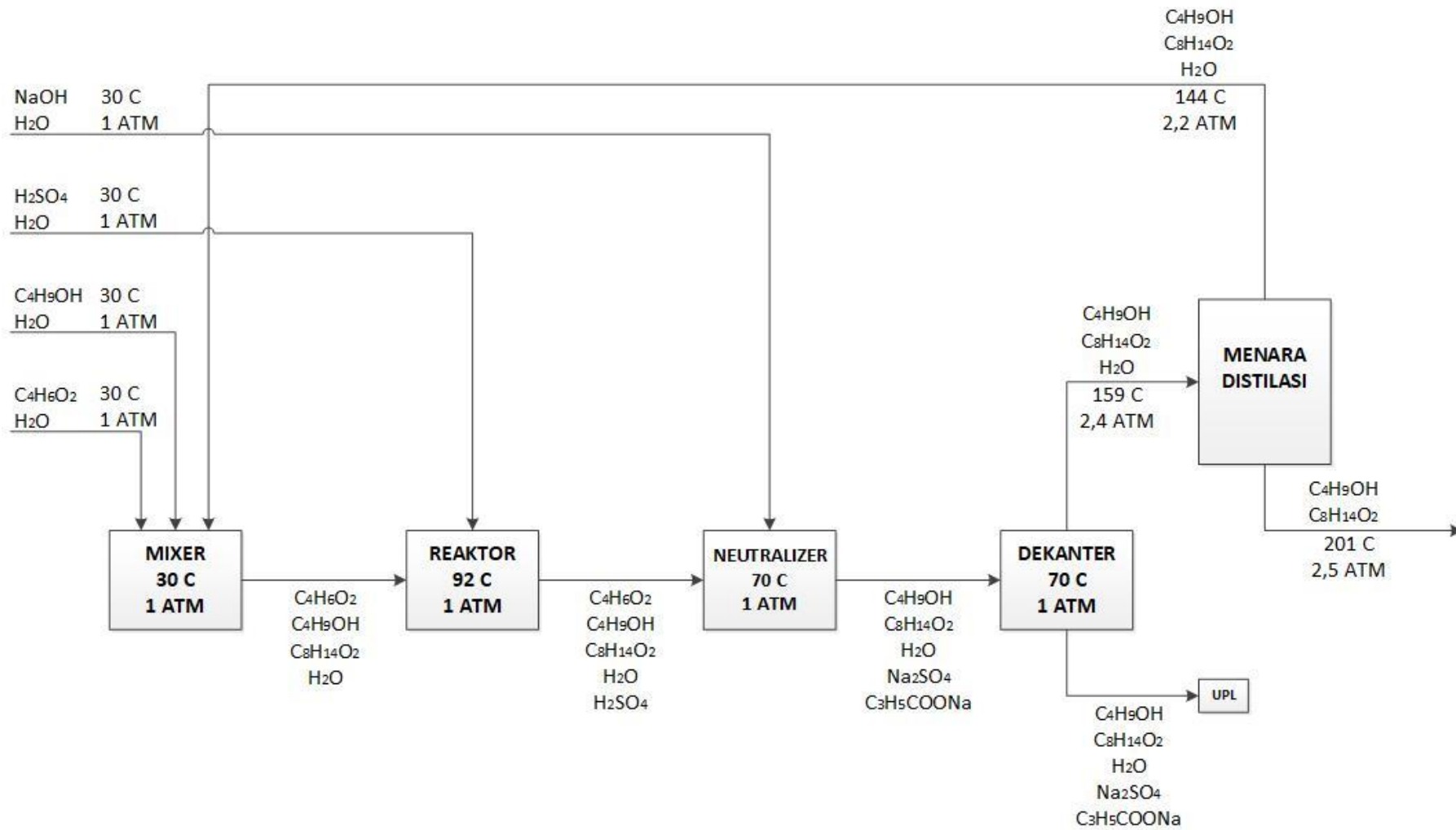
Komponen	Panas Masuk	Panas Keluar
C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	32.234	0
C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	110.248	110.248
C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	291.346	291.346
H <sub>2</sub> O	135.833	153.629
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	6.553	0
NaOH	20.298	0
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	4.218
C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> COONa	0	0
ΔHR	2.908.701	0
Q Pendinginan	0	2.945.772
Total	3.505.213	3.505.213

**Tabel 4.10** Neraca panas Dekanter

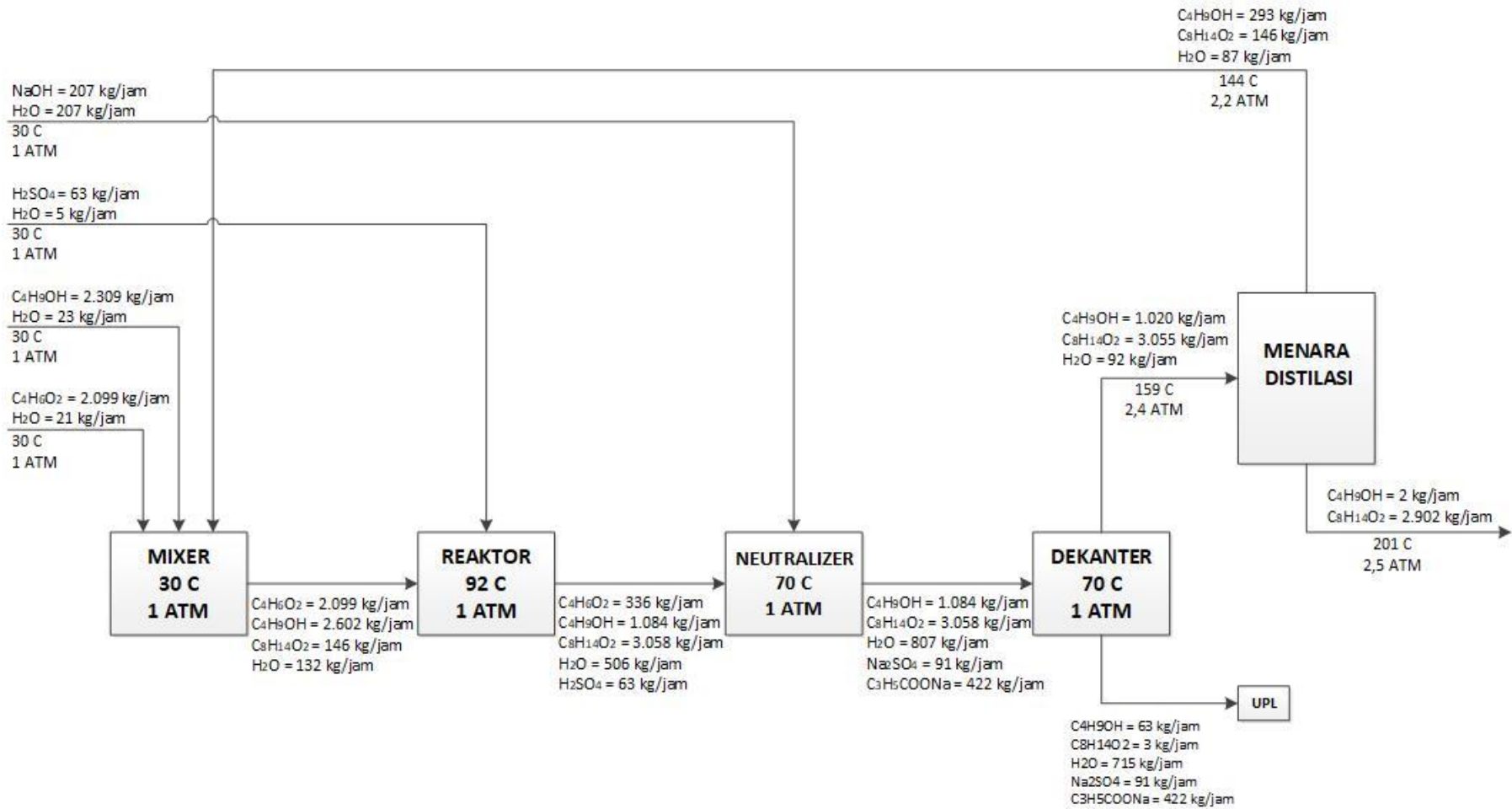
Komponen	Panas Masuk	Panas Keluar	
		Hasil atas	Hasil bawah
C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	2.450	2.307	143
C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	6.474	6.468	6
H <sub>2</sub> O	3.413	388	3.026
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	146	0	146
C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> COONa	0	0	0
Total	12.484	9.160	3.221
		12.484	

**Tabel 4.11** Neraca panas Menara Distilasi

Komponen	Panas Masuk	Panas Keluar	
		Hasil atas	Hasil Bawah
C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	1.971	286.293	1.557
C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	3.182.623	40.077	1.896.535
H <sub>2</sub> O	0	-185.949	0
Beban Kondenser	0	367.257	0
Beban Reboiler	-778.813	0	0
Total	2.405.771	507.677	1.898.093
		2.405.771	



Gambar 4.3 Diagram alir kualitatif



Gambar 4.4 Diagram alir kuantitatif

## 4.5 Perawatan

Perawatan bertujuan untuk menjaga kondisi fasilitas peralatan pabrik dengan cara perbaikan alat dan pemeliharaan sehingga produksi dapat berjalan dengan baik dan menghasilkan produktifitas yang tinggi. Dengan demikian target produksi akan tercapai dan spesifikasi produk yang dihasilkan sesuai dengan yang diharapkan.

Perawatan pada alat proses disesuaikan dengan jadwal yang telah ditentukan. Perawatan preventif akan dilakukan setiap hari untuk menjaga kebersihan alat maupun lingkungan alat serta menjaga dari kerusakan alat. Perawatan periodik akan dilakukan sesuai dengan jadwal yang ada pada buku petunjuk. Alat proses beroperasi secara kotinyu dan akan berhenti apabila terjadi suatu kerusakan.

Perawatan alat proses dilakukan dengan prosedur yang tepat, menyesuaikan penjadwalan pada setiap alat. Perawatan alat proses meliputi :

a) *Overhead* 1x1 tahun

*Overhead* merupakan pengecekan dan perbaikan serta *leveling* alat secara keseluruhan yang meliputi pembongkaran alat, pergantian bagian alat yang rusak, dan kemudian kondisi alat dikembalikan pada kondisi semula.

b) *Repairing*

*Repairing* merupakan perbaikan bagian alat yang dilakukan setelah pemeriksaan. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi perbaikan alat, diantaranya :

- Umur alat

Besar kecilnya perbaikan suatu alat proses akan mempengaruhi biaya perawatan. Semakin tua alat proses akan membutuhkan lebih banyak perawatan.

- Bahan baku

Penggunaan bahan baku dengan kualitas rendah dapat menyebabkan kerusakan pada alat, sehingga alat harus lebih sering untuk dibersihkan, akibatnya akan membutuhkan biaya perawatan lebih.

- Tenaga kerja  
Tenaga kerja dengan bekal pelatihan dan pengalaman akan menghasilkan kinerja yang baik, sehingga dapat memahami bagaimana alat proses beroperasi serta dapat melakukan perawatan pada alat.

#### **4.6 Utilitas (Pelayanan Teknik)**

Utilitas merupakan sarana penunjang yang dibutuhkan dalam berlangsungnya proses produksi suatu pabrik. Sarana penunjang merupakan sarana yang dibutuhkan selain bahan baku yang mendukung proses produksi agar berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Beberapa utilitas yang diperlukan dalam suatu pabrik yaitu :

- a) Unit penyediaan dan pengolahan air (*water treatment system*)
- b) Unit pembangkit steam (*steam generation system*)
- c) Unit pembangkit listrik (*power plant system*)
- d) Unit penyedia udara instrumen (*instrument air system*)
- e) Unit penyediaan bahan bakar

##### **4.6.1 Unit Penyediaan Dan Pengolahan Air**

###### **4.6.1.1 Unit Penyediaan Air**

Secara umum dalam memenuhi kebutuhan air suatu pabrik menggunakan sumber dari air sumur, air sungai, air danau ataupun air laut. Pada perancangan pabrik n-butyl metakrilat ini digunakan sumber air dari air sungai. Pemilihan penggunaan air sungai dengan mempertimbangkan beberapa hal, diantaranya :

- a) Air sungai memiliki kontinuitas yang relatif tinggi, sehingga dapat menghindari kendala kekurangan air
- b) Letak sungai yang tidak jauh dari lokasi pabrik
- c) Pengolahan air sungai yang sederhana dan biaya pengolahan relatif lebih murah dibandingkan dengan proses pengolahan air laut yang lebih rumit dan biaya yang lebih mahal

Penyediaan air digunakan untuk keperluan air pendingin, air umpan boiler, air minum, kebutuhan rumah tangga, kantor, serta air pemadam kebakaran.



## 1. Air pendingin

Beberapa faktor air digunakan sebagai media pendingin yaitu :

- Air mudah dalam pengolahan dan pengaturannya
- Air dapat diperoleh dengan mudah dan dalam jumlah yang besar
- Memiliki daya serap terhadap panas per satuan volume cukup tinggi
- Tidak terdekomposisi

Terdapat kandungan zat yang tidak diperbolehkan pada air sebagai media pendingin, seperti :

- Besi, dapat menyebabkan korosi
- Silika, dapat menyebabkan kerak
- Oksigen terlarut, dapat menyebabkan korosi
- Minyak, dapat menyebabkan gangguan pada film *corrosion inhibitor*, penurunan *heat exchanger* koefisien dan menimbulkan endapan karena minyak dapat menjadi makanan bagi mikroba

## 2. Air umpan reboiler

Air umpan reboiler merupakan air yang digunakan untuk menghasilkan steam. Menurut *American Boiler Manufacture Association Standart (ABMA)*, batasan air umpan reboiler untuk boiler dengan tekanan operasi 0-300 psig adalah :

<i>Suspended solid</i>	: 300 ppm
<i>Total alkalinity</i>	: 700 ppm
<i>Total solid</i>	: 3.500 ppm

Terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan pada penanganan air umpan reboiler, yaitu :

- a) Zat yang dapat menyebabkan korosi  
Kandungan larutan asam, gas-gas terlarut seperti  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$ , dan  $NH_3$  yang terkandung dalam air dapat menyebabkan terjadinya korosi.
- 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 dapat menyebabkan *foaming*

Air dari proses pemanasan dapat menyebabkan *foaming* karena terdapat zat organik yang tidak larut dalam jumlah yang besar. Efek *foaming* terutama terjadi pada alkalitas tinggi

### 3. Air sanitasi

Air sanitasi merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan perumahan, laboratorium, perkantoran, masjid, dan lain sebagainya. Beberapa syarat air sanitasi yaitu:

#### a) Syarat fisika :

- Warna jernih
- Tidak berbau
- Tidak berasa
- Suhu dibawah suhu udara

#### b) Syarat kimia :

- Tidak mengandung bakteri
- Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air

#### 4.6.1.2 Unit Pengolahan Air

Kebutuhan air dalam perancangan pabrik n-butyl metakrilat berasal dari air sungai terdekat. Dalam proses pengolahan air dilakukan beberapa tahapan meliputi :

#### a) Screening

Screening atau penyaringan bertujuan untuk memisahkan kotoran yang berukuran besar seperti ranting, daun, dan sampah lainnya yang terbawa bersama air. Pada proses screening, kotoran akan tersaring langsung tanpa adanya penambahan bahan kimia. Tetapi partikel yang lebih kecil akan tetap terbawa kembali oleh air untuk diolah pada tahap selanjutnya.

b) Bak Sedimentasi

Bak sedimentasi berfungsi untuk mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai, dimana kotoran yang terbawa akan mengendap ke bawah karna adanya gaya gravitasi.

c) Bak Koagulasi dan Flokulasi

Bak koagulasi dan flokulasi berfungsi untuk menggumpalkan kotoran yang tidak mengendap di bak sedimentasi.

Koagulasi merupakan proses penggumpalan dengan menggunakan penambahan bahan kimia ke dalam air. Koagulan yang digunakan yaitu alum ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) yang merupakan suatu garam yang berasal dari asam kuat dan basa lemah sehingga air dapat dengan mudah terhidrolisa karena kondisi air yang basa. Alum digunakan untuk menggumpalkan kotoran sehingga mengendap ke dasar tangki.

Flokulasi bertujuan untuk menggumpalkan kotoran berupa disperse koloid dalam air dengan menambahkan koagulan untuk mengendapkan kotoran. Pada proses flokulasi sering digunakan penambahan kapur dengan tujuan dapat mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat didalam air sehingga mempermudah proses penggumpalan. Flokulan yang sering digunakan adalah natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) atau soda abu yang berfungsi untuk mengatur pH pada kisaran 6-7.

d) Clarifier

Pada clarifier terjadi proses penyatuan flok dari partikel yang sulit membentuk flok atau proses flokulasi. Air sungai yang diambil akan diendapkan dari lumpur dan partikel padat lainnya melalui clarifier dengan menambahkan koagulan. Koagulan yang digunakan yaitu  $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}]$  yang berfungsi untuk membentuk flok sehingga akan bersatu dan membentuk partikel yang lebih besar, dan koagulan  $[\text{Na}_2\text{CO}_3]$  yang berperan dalam menurunkan kesadahan air.

Air bersih yang dihasilkan akan keluar dari bagian pinggir clarifier secara *overflow*. Flok yang terbentuk akan diendapkan secara gravitasi dan dilakukan *blowdown* pada waktu tertentu untuk membuang endapan yang terbentuk. Clarifier dilengkapi dengan *scraper* untuk mengumpulkan endapan sehingga lebih mudah untuk dibuang.

e) Sandfilter

Air bersih dari clarifier selanjutnya dialirkan ke dalam sandfilter untuk memisahkan partikel padatan yang lolos atau terbawa bersama air. Kemudian air akan ditampung dalam tangki penampung sementara. Air akan dialirkan sebagai air proses, media pendingin, dan demineralisasi. Kemampuan menyaring pada sandfilter akan berkurang apabila saringan pasir cukup jenuh, sehingga perlu dilakukan pencucian ulang (*back wash*) dengan waktu yang telah ditentukan.

f) Bak Penyimpanan Air Sementara

Air yang keluar dari proses penyaringan sudah bisa dikatakan sebagai air bersih dan ditampung didalam bak penyimpanan air sementara yang akan dialirkan untuk kebutuhan layanan umum (*service water*), air pendingin, air bertekanan, air umpan boiler, dan dapat digunakan untuk air domestik (*domestic water*). Dimana air tersebut harus dilakukan treatment untuk menghilangkan mineral yang terkandung didalam air serta bakteri-bakteri sebelum benar-benar dialirkan untuk keperluan tertentu.

g) Cooling Tower

Cooling tower bertujuan untuk mendinginkan air pendingin setelah digunakan atau mengolah air panas menjadi air dingin menggunakan udara sebagai media pendinginnya.

Proses yang terjadi yaitu air dengan suhu 45 C dialirkan keatas *cooling tower* dan dialirkan melalui distributor. Air akan mengalami evaporasi, sehingga air akan dialirkan ke bawah melalui lubang saluran (*swirl*). Bersamaan dengan proses ini, terjadi pelepasan panas laten, sehingga sebagian air akan menguap ke atmosfer. Air yang mengalami evaporasi di *cooling tower* akan sama jumlahnya dengan *flow make up water* yang masuk, sehingga kesetimbangan perpindahan panas antara udara dan air akan tetap stabil. Suhu air yang telah melalui proses pendinginan dengan udara akan turun menjadi 30 C.

h) Demineralisasi

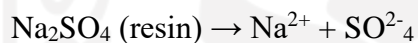
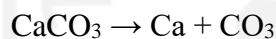
Proses demineralisasi bertujuan untuk menghilangkan ion-ion dari peruraian garam yang terkandung pada *filter water* untuk memperoleh nilai konduktivitas dibawah 0.3 Ohm dan kandungan silica kurang dari 0.2 ppm.

Terdapat beberapa tahapan proses pengolahan air untuk umpan reboiler, antara lain *kation exchanger*, *anion exchanger*, dan daerasi. Pada *kation-anionexchanger* terdapat dua reaksi yang terjadi yaitu *softening* dan regenerasi. *Softening* berfungsi untuk menghilangkan kandungan garam didalam air sehingga mencegah terjadinya korosi dan kerak dengan menggunakan resin. Regenerasi merupakan pengaktifan kembali resin yang sudah jenuh akibat proses softening sehingga dapat digunakan kembali.

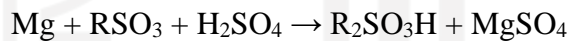
- *Kation exchanger*

*Kation exchanger* berisi resin pengganti kation yang berfungsi mengikat ion-ion positif yang terdapat pada air, seperti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ . Sehingga air dari *kation tower* mengandung anion dan ion  $\text{H}^+$ .

Reaksi yang terjadi yaitu :



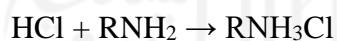
Anion resin akan jenuh pada waktu tertentu sehingga perlu meregenerasikan kembali dengan larutan natrium hidroksida. Reaksi yang terjadi adalah



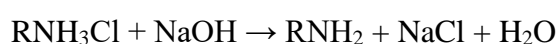
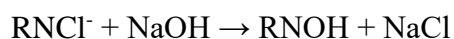
- *Anion exchanger*

*Anion exchanger* berisi resin pengganti anion yang berfungsi mengikat ion-ion negatif yang terdapat pada air, seperti  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{SiO}_3^{2-}$ . Anion-anion tersebut akan membantu garam resin.

Reaksi yang terjadi yaitu :

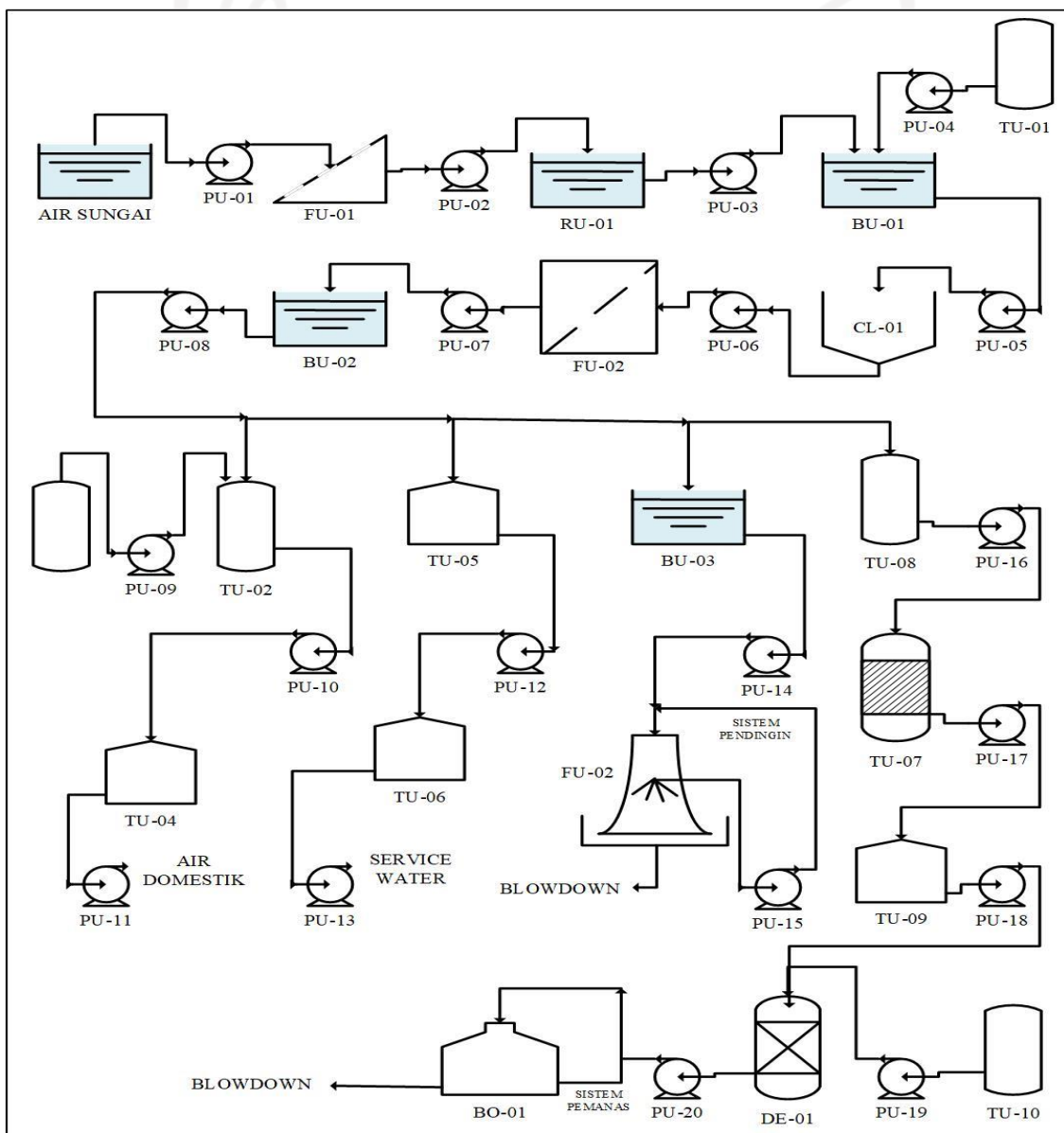
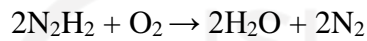


Kation resin akan jenuh pada waktu tertentu sehingga perlu meregenerasikan kembali dengan asam sulfat. Reaksi yang terjadi adalah



- Deaerasi

Deaerasi merupakan proses pembebasan gas yang terlarut dalam air seperti oksigen (O<sub>2</sub>), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), dan gas lainnya yang dapat mengakibatkan korosi. Air hasil demineralisasi (*polish water*) dialirkan ke dalam deaerator dan ditambahkan hidrazin (N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) yang berfungsi untuk mengikat oksigen pada air sehingga mencegah terbentuknya kerak pada tube boiler. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



**Gambar 4.5** Diagram Utilitas

Keterangan :

PU = Pompa Utilitas

FU-01 = Screening

RU-01 = Bak Sedimentasi

TU-01 = Tangki Alum

BU-01 = Bak Koagulasi dan Flokulasi

CL-01 = Clarifier

FU-02 = Sandfilter

BU-02 = Bak Penyimpanan Air

Sementara

TU-02 = Tangki Klorin

TU-03 = Tangki Kaporit

TU-04 = Tangki Air Domestik

TU-05 = Service Water

TU-06 = Tangki Air Bertekanan

BU-03 = Bak Cooling Water

CT-01 = Cooling Tower

TU-07 = Mixed Bed

TU-08 = Tangki NaCl

TU-09 = Tangki Air Demin

TU-10 = Tangki Hidrazin

DE-01 = Deaerator

BO-01 = Boiler

#### 4.6.2 Unit Pembangkit Steam

Unit pembangkit steam berfungsi menyediakan kebutuhan steam sebagai media pemanas. Jenis steam yang digunakan yaitu *saturated steam*, dengan menggunakan alat boiler jenis *fire tube*. *Boiler fire tube* dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve system* dan pengamanan secara otomatis.

Air terlebih dahulu dimasukkan ke dalam *economizer* yang berfungsi sebagai alat penukar panas dengan memanfaatkan gas sisa pembakaran minyak residu yang keluar dari reboiler. *Economizer* akan menaikkan suhu air hingga 150 °C, dan selanjutnya air dialirkan menuju boiler.

Pada boiler, api yang keluar dari burner berfungsi sebagai pemanas lorong api dan pipa api. Sebelum gas sisa pembakaran dibuang melalui cerobong asap, terlebih dahulu akan dialirkan ke dalam *economizer*, sehingga air akan mendidih dengan bantuan panas yang diserap dari dinding dan pipa api. Uap air akan terbentuk hingga tekanan mencapai 10 bar. Selanjutnya uap air akan dialirkan ke steam header untuk didistribusikan ke unit proses.

### 4.6.3 Unit Pembangkit Listrik

Terdapat dua sumber yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik yaitu Generator dan Perusahaan Listrik Negara (PLN). Generator merupakan alat yang digunakan sebagai penggerak power alat-alat seperti *cooling tower*, boiler, dan pompa. Selain sebagai penggerak alat ini juga digunakan sebagai cadangan tenaga ketika terjadi gangguan pada PLN.

Menghasilkan panas melalui udara dan solar yang diterima merupakan prinsip kerja dari generator. Untuk menghasilkan energi listrik pada generator maka poros engkol diputar menggunakan panas yang dihasilkan sebelumnya, kemudian digunakan panel untuk mendistribusikan listrik keseluruhan unit pemakai. Ketika listrik padam maka generator digunakan sebagai sumber utama listrik, namun dalam proses harian digunakan 50% tenaga listrik dan 50% generator. Adapun kebutuhan-kebutuhan listrik dipabrik sebagai berikut:

- A. Penerangan pabrik dan kantor
- B. Menggerakkan alat diunit utilitas
- C. Menggerakkan alat diunit proses
- D. Menggerakkan katup dialat kontrol

Kebutuhan listrik untuk penerangan adalah:

- a. Perkantoran = 30 kW

apabila listrik perkantoran hanya menyala  $\frac{1}{2}$  hari maka :

$$\begin{aligned} &= 30 \text{ kW} \times \frac{12 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} = 360 \text{ kWh/hari} \\ &= 360 \text{ kWh/hari} \times \frac{330 \text{ hari}}{1 \text{ tahun}} = 237.600 \text{ kWh/tahun} \end{aligned}$$

- b. Lingkungan pabrik

$$= 20\% \times 87 \text{ kW} = 17 \text{ kW}$$

apabila penerangan lingkungan pabrik hanya menyala saat malam selama 12 jam/hari, maka :

$$\begin{aligned} &= 17 \text{ kW} \times \frac{12 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} = 208 \text{ kWh/hari} \\ &= 208 \text{ kWh/hari} \times \frac{330 \text{ hari}}{1 \text{ tahun}} = 68.523 \text{ kWh/tahun} \end{aligned}$$



c. Perumahan

$$\begin{aligned} \text{Jumlah rumah} &= 30 \text{ rumah dengan masing – masing memakai } 1,5 \text{ kW} \\ &= 45 \text{ kW} \\ &= 45 \text{ kW} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} = 1.080 \text{ kWh/hari} \\ &= 1.080 \text{ kWh/hari} \times \frac{330 \text{ hari}}{1 \text{ tahun}} = 394.200 \text{ kWh/tahun} \end{aligned}$$

Alat-alat yang digerakan menggunakan listrik terdapat pada tabel berikut:

**Tabel 4.12** Kebutuhan Listrik Untuk Unit Utilitas

No	Alat	daya motor (Hp)
1	FU-01	0
2	RU-01	0
3	BU-01	2
4	FU-02	0,5
5	Clarifier	0
6	FU	0
7	BU-04	0
8	TU-02	2
9	TU-03	5
10	TU-04	0
11	TU-05	0
12	TU-06	0
13	BU-05	0
14	CT-01	0
15	BL-01	10
16	TU-07	0
17	TU-08	0
18	TU-09	0
19	DE-01	0
20	TU-10	0
21	<i>Compresor</i>	3
22	PU-01	7,5
23	PU-02	7,5
24	PU-03	7,5
25	PU-04	15
26	PU-05	5

27	PU-06	5
28	PU-07	5
29	PU-08	5
30	PU-09	0,05
31	PU-10	0,12
32	PU-11	0,75
33	PU-12	0,25
34	PU-13	0,25
35	PU-14	10
36	PU-15	10
37	PU-16	0,08
38	PU-17	0,5
39	PU-18	0,5
40	PU-19	0,05
41	PU-20	0,5
	Total	103

**Tabel 4.13** Kebutuhan Listrik Untuk Alat Proses Produksi

No	Alat	daya motor (Hp)
1	T-01	0
2	T-02	0
3	T-03	0
4	T-04	0
5	T-05	0
6	M	1
7	R	8
8	N	3
9	D	0
10	MD	0
11	CD	0
12	RB	0
13	ACC	0
14	HE-01	0
15	HE-02	0
16	HE-03	0
17	HE-04	0
18	CL-01	0
19	CL-02	0
20	CL-03	0

21	CL-04	0
22	P-01	0,125
23	P-02	0,125
24	P-03	0,050
25	P-04	0,083
26	P-05	0,125
27	P-06	0,125
28	P-07	0,166
29	P-08	0,050
30	P-09	0,166
31	P-10	0,050
32	P-11	0,166
33	P-12	0,166
34	P-13	0,125
35	P-14	0,083
36	P-15	0,125
	TOTAL	13

sehingga kebutuhan listrik untuk penggerak motor adalah:

$$= (103,183 + 12,841) \text{ Hp}$$

$$= 116 \text{ Hp} \times 0,746 \text{ kW/HP} = 87 \text{ kW}$$

$$= 87 \text{ kW} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} = 2.077 \text{ kWh/hari}$$

$$= 2.077 \text{ kWh/hari} \times \frac{330 \text{ hari}}{1 \text{ tahun}} = 687.529 \text{ kWh/tahun}$$

Kebutuhan listrik untuk penggerak alat control, peralatan laboratorium, dan bengkel diperkirakan 20% dari kebutuhan listrik di unit utilitas dan proses. Sehingga kebutuhan listrik untuk instrumentasi sebanyak:

$$= 20\% \times 87 \text{ kW}$$

$$= 17 \text{ kW} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} = 408 \text{ kWh/hari}$$

$$= 408 \text{ kWh/hari} \times \frac{330 \text{ hari}}{1 \text{ tahun}} = 137.506 \text{ kWh/tahun}$$

Total kebutuhan listrik sebanyak:

$$= (237.600 + 68.752 + 394.200 + 687.529 + 137.506)$$

$$= 1.525.587 \text{ kWh/tahun}$$

PLN memenuhi kebutuhan listrik pabrik, namun untuk menjaga kelancaran jalannya proses makan generator digunakan sebagai cadangan listrik apabila terjadi gangguan pada PLN. Digunakan generator dengan efisiensi 80%, dengan demikian banyak daya yang dihasilkan adalah:

$$\text{Daya total} = (87 + 17 + 17 + 30 + 45) \text{ kW} = 197 \text{ kW}$$

$$\text{Sehingga daya generator} = \frac{197 \text{ kW}}{0,8} = 246 \text{ kW}$$

#### **4.6.4 Unit Penyediaan Udara Tekan**

Udara tekan digunakan sebagai aliran dalam alat kontrol untuk aliran pneumatik yang digunakan sebagai penggerak *valve* atau instrument pengendalian proses yang terdapat di area proses.

#### **4.6.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar**

Bahan bakar digunakan sebagai kebutuhan pembakaran generator yang tepatnya pada diesel dan boiler.

#### **4.6.6 Unit Pengolahan Limbah**

Pabrik n-butyl metakrilat menghasilkan limbah cair. Campuran air dan pengotor merupakan limbah yang dihasilkan oleh pabrik ini. Limbah cair ini merupakan cairan yang mengandung air, asam sulfat, butanol, dan asam metakrilat. Beberapa treatment dilakukan sebelum dibuangnya limbah cair. Beberapa *treatment* ini berupa:

A. *Pre-Treatment*

Dilakukan pengendapan pada bak pengendap agar padatan yang berukuran besar hilang. Digunakan gaya gravitasi untuk proses pre-treatment ini.

B. *Treatment Pertama*

Pada proses treatment pertama dilakukan peningkatan jumlah bakteri pengurai limbah organik menggunakan lumpur aktif organik. Hal ini bertujuan agar limbah cair yang dihasilkan mengandung lebih banyak oksigen. *Treatment* pertama ini dilakukan sampai nilai COD, DO, dan BOD mencapai standar.

C. *Treatment Kedua*

*Treatment* kedua dilakukan ketika limbah cair mempunyai pH yang tidak netral. Dilakukan penambahan air atau zat kimia yang bisa menetralkan pH pada limbah cair yang dihasilkan oleh pabrik n-butyl metakrilat.

D. *Treatment Ketiga*

Membunuh mikroorganisme patogen yang terdapat pada limbah cair merupakan tujuan dari treatment ini. Dilakukan injeksi  $Cl_2$  pada larutan limbah cair untuk mendesinfeksi mikroorganisme tersebut.

Agar limbah cair tidak merusak lingkungan sekitar maka dilakukan pengawasan ketat pada setiap proses *treatment* limbah cair. Pengawasan tersebut berupa pengujian di laboratorium.

## 4.7 Organisasi Perusahaan

### 4.7.1 Bentuk Perusahaan

Bentuk perusahaan yang digunakan untuk pabrik n-butyl metakrilat yang akan didirikan yaitu Perseroan Terbatas (PT). Penjualan saham merupakan modal bagi bentuk perusahaan ini, dimana satu atau beberapa saham diambil oleh masing-masing sekutu. Saham sendiri merupakan surat berharga milik PT atau perusahaan, dimana pihak yang memiliki saham berarti termasuk salah satu pemilik perusahaan dan harus memberikan modal pada perusahaan tersebut. Pada setiap saham telah disebutkan jumlah setoran yang harus dipenuhi oleh pemegang saham, dan pada bentuk perusahaan perseroan terbatas tanggung

jawab pemegang saham hanya sebatas menyetor jumlah modal yang telah disebutkan pada saham secara penuh. Terdapat beberapa alasan dalam pemilihan bentuk perusahaan ini, diantaranya yaitu: (Widjaja, 2003)

- A. Pengurus perusahaan adalah direksi dan staf dengan pengawasan dewan komisaris. Sedangkan pemegang saham merupakan pemilik perusahaan. Sehingga pengurus dan pemilik perusahaan terpisah satu sama lain.
- B. Perolehan modal didapat dari penjualan saham perusahaan, sehingga lebih mudah dalam mendapatkan modal.
- C. Berhentinya staf, direksi, dan pemegang saham tidak mempengaruhi keberlangsungan perusahaan.
- D. Pemimpin perusahaan memegang kendali dari kelancaran proses produksi, sehingga pemegang saham memiliki tanggung jawab yang terbatas.
- E. Hak kepemilikan perusahaan mudah dipindahkan, yaitu dengan penjualan saham.

Adapun ciri-ciri dari bentuk perusahaan perseroan terbatas adalah:

- A. Pemegang saham adalah pemilik perusahaan.
- B. Tercantum besarnya jumlah modal pada akta pendirian perusahaan yang berupa saham-saham.
- C. Pemegang saham membentuk satu direksi yang akan memimpin perusahaan.
- D. Pendirian perusahaan berdasarkan akta yang termuat dalam Undang-Undang Hukum Dagang.

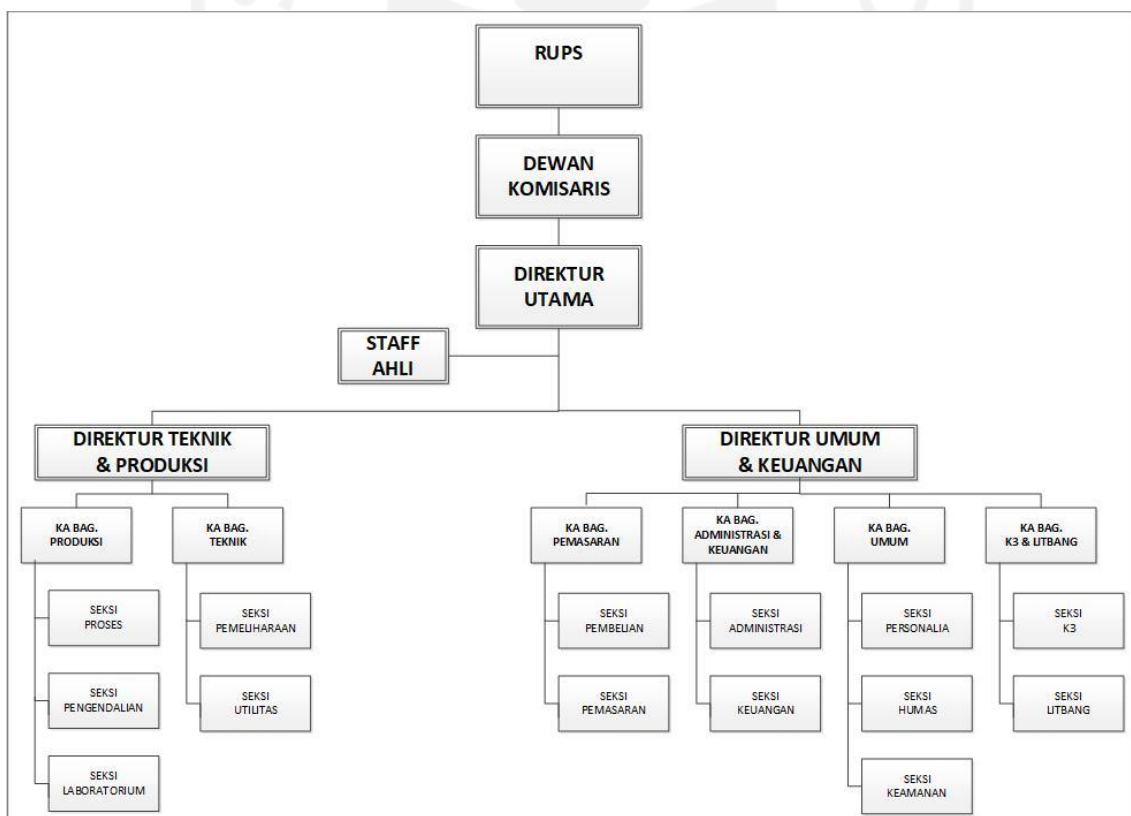
#### **4.7.2 Struktur Perusahaan**

Untuk menjalankan suatu pabrik dengan manajemen yang baik, dibutuhkan struktur organisasi. Dengan adanya struktur organisasi pembagian tugas dan wewenang akan terorganisir, sehingga setiap proses dalam pabrik akan berjalan dengan baik. Stuktur organisasi yang dipilih yaitu system garis. Dimana dalam pembagian tugas kerja, karyawan hanya akan bertanggungjawab kepada atasan

saja, dan sebaliknya atasan memiliki garis perintah kepada karyawannya. Berikut merupakan jenjang jabatan dalam suatu perusahaan :

1. Pemegang saham
2. Dewan komisaris
3. Direktur utama
4. Direktur
5. Kepala bagian
6. Kepala seksi
7. Karyawan dan operator

Masing-masing jenjang jabatan memiliki tugas, wewenang serta tanggung jawab yang berbeda-beda. Tugas, wewenang, dan tanggung jawab tertinggi terletak pada puncak pimpinan dewan komisaris. Sedangkan pemegang saham merupakan pemegang kekuasaan tertinggi yang berada pada rapat umum.



**Gambar 4.6** Struktur Organisasi Perusahaan

### **4.7.3 Tugas dan wewenang**

#### **4.7.3.1 Pemegang Saham**

Pemegang saham merupakan orang yang memberikan modal untuk perusahaan sehingga perusahaan dapat beroperasi. Pada perseroan terbatas, kekuasaan tertinggi berada pada rapat umum pemegang saham. Tugas dan wewenang pemegang saham adalah sebagai berikut :

- a) Mengesahkan hasil usaha dan neraca pertimbangan untung rugi dari perusahaan
- b) Menetapkan besar laba yang diperoleh untuk disimpan, dibagikan atau ditanamkan kembali
- c) Mengangkat dan memberhentikan dewan komisaris dan manajer
- d) Mengadakan rapat umum minimal satu tahun sekali

#### **4.7.3.2 Dewan Komisaris**

Dewan komisaris merupakan pelaksana tugas sehari-hari dari para pemegang saham. Sehingga dewan komisaris bertanggungjawab penuh kepada pemegang saham. Tugas dan wewenang dewan komisaris adalah sebagai berikut :

- a) Menilai dan menyetujui rencana direktur utama mengenai kebijaksanaan umum, target laba perusahaan, pengarahannya pemasaran, dan alokasi sumber dana
- b) Mengawasi tugas-tugas direktur utama
- c) Membantu direktur utama dalam menjalankan tugas penting

#### **4.7.3.3 Direktur Utama**

Yang memegang tanggung jawab penuh dan merupakan pemimpin tertinggi dalam suatu perusahaan adalah Direktur Utama. Seluruh kebijakan tindakan yang dipilih oleh direktur utama selaku pemimpin perusahaan akan dipertanggungjawabkan kepada dewan komisaris. Direktur keuangan dan direktur produksi dibawah oleh direktur utama. Terdapat beberapa tugas yang dimiliki oleh direktur utama diantaranya yaitu:



- A. Menjalankan dan memimpin perusahaan
- B. Melakukan pertanggung jawaban kepada pemegang saham diakhir masa kerja atau secara berkala
- C. Melakukan pengawasan terhadap pelaksanaan tugas tiap karyawan yang bekerja diperusahaan
- D. Mengkoordinasi direktur produksi serta direktur keuangan dan umum untuk urusan kerja sama.
- E. Menjadi wakil perusahaan untuk menjalin perjanjian atau kerjasama dengan pihak luar.

Direktur utama dibantu oleh direktur keuangan dan umum, serta direktur produksi dan teknik dalam menjalankan tugasnya. Adapun tugas dari masing-masing direktur tersebut adalah:

#### A. Direktur Keuangan Dan Umum

Tugas yang dimiliki direktur keuangan dan umum adalah memimpin semua jalannya kegiatan perusahaan yang terkait dengan bidang personalia, pemasaran, keamanan, administrasi, keuangan, keselamatan kerja, dan humas. Adapun tugas-tugas dari masing-masing bidang tersebut adalah:

##### 1. Kepala Bagian Administrasi Dan Keuangan

Tugas yang dimiliki kepala bagian ini adalah mengkoordinir jalannya kegiatan pabrik yang berkaitan dengan keuangan dan administrasi. Terdapat dua seksi yang membantu kepala bagian administrasi dan keuangan dalam menjalankan tugasnya yaitu seksi keuangan, dan seksi administrasi.

##### 2. Kepala Bagian Pemasaran

Tugas yang dimiliki kepala bagian ini adalah mengkoordinir seluruh jalannya kegiatan pabrik yang berkaitan dengan bidang pemasaran produk, dan pembelian bahan baku. Kepala bagian ini juga memiliki dua seksi yang membantu menjalankan tugas yaitu seksi pemasaran dan seksi pembelian.

##### 3. Kepala Bagian Umum

Tugas kepala bagian ini yaitu mengkoordinir seluruh jalannya kegiatan pabrik yang berkaitan dengan bidang keamanan, personalia, dan humas.

Seksi yang membantu jalannya tugas kepala bagian ini adalah seksi humas, keamanan, dan personalia.

#### 4. Kepala Bagian Litbang Dan K3

Tugas yang dimiliki kepala bagian ini yaitu mengkoordinir jalannya seluruh kegiatan pabrik yang berkaitan dengan bidang litbang, dan K3. Adapun yang membantu kepala bagian ini adalah seksi litbang dan seksi K3.

### B. Direktur Teknik dan Produksi

Tugas yang dimiliki Direktur Teknik dan Produksi yaitu memimpin jalannya seluruh kegiatan pabrik yang berkaitan dengan bidang teknik, produksi, operasi, pengembangan, utilitas, pengadaan, laboratorium, dan pemeliharaan peralatan.

#### 1. Kepala Bagian Teknik

Tugas yang dimiliki kepala bagian ini adalah mengkoordinir seluruh kegiatan pabrik yang berkaitan dengan bidang utilitas, teknik, dan pemeliharaan. Terdapat seksi utilitas dan seksi pemeliharaan yang membantu jalannya tugas kepala bagian ini.

#### 2. Kepala Bagian Produksi

Kepala bagian ini memiliki tugas mengkoordinir jalannya seluruh kegiatan pabrik yang berkaitan dengan bidang proses, pengendalian, laboratorium, dan produksi.

### 4.7.3.4 Staff Ahli

Staff ahli merupakan tenaga ahli yang bertugas membantu direktur utama dalam menjalankan tugasnya, baik yang berkaitan dengan administratif maupun teknis. Staff ahli bertanggungjawab kepada direktur utama sesuai dengan keahlian masing-masing. Tugas dan wewenang staff ahli adalah sebagai berikut :

- a) Memberikan saran dalam perencanaan dan pengembangan perusahaan
- b) Mengadakan evaluasi dalam proses pabrik, perencanaan alat, dan pengembangan produksi
- c) Meningkatkan efisiensi kerja

## **4.7.4 Catatan**

### **4.7.4.1 Cuti Tahunan**

Setiap karyawan memiliki hak untuk cuti selama 12 hari kerja dalam satu tahun. Apabila cuti tersebut tidak dipergunakan maka hak cuti untuk tahun tersebut akan hilang. Pemberian cuti sakit kepada karyawan yang menderita sakit dengan berdasarkan keterangan dokter. Apabila sedang dalam keadaan hamil akan diberikan hak cuti hamil selama dua bulan yang berlaku sebelum melahirkan sampai sesudah melahirkan.

### **4.7.4.2 Hari Libur Nasional**

Bagi karyawan shift, hari libur nasional akan dihitung sebagai kerja lembur (*overtime*). Sedangkan bagi karyawan harian (*non shift*), hari libur nasional akan dihitung sebagai hari libur kerja.

### **4.7.4.3 Kerja Lembur (*Overtime*)**

Pertimbangan kerja lembur dilakukan apabila terdapat keperluan yang mendesak dengan persetujuan kepala bagian.

#### 4.7.4.4 Sistem Gaji Karyawan

**Tabel 4. 14** Gaji karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan	Gaji total/Tahun
1	Direktur Utama	1	Rp 35.000.000	Rp 420.000.000
2	Direktur Bidang	3	Rp 25.000.000	Rp 900.000.000
3	Kepala Bagian	6	Rp 20.000.000	Rp 1.440.000.000
4	Kepala Seksi	14	Rp 15.000.000	Rp 2.520.000.000
5	Karyawan Proses	8	Rp 7.000.000	Rp 672.000.000
6	Karyawan Pengendalian	5	Rp 7.000.000	Rp 420.000.000
7	Karyawan Laboratorium	4	Rp 7.000.000	Rp 336.000.000
8	Karyawan Pemeliharaan	6	Rp 7.000.000	Rp 504.000.000
9	Karyawan Utilitas	8	Rp 7.000.000	Rp 672.000.000
10	Karyawan Pembelian	4	Rp 7.000.000	Rp 336.000.000
11	Karyawan Pemasaran	4	Rp 7.000.000	Rp 336.000.000
12	Karyawan Administrasi	3	Rp 7.000.000	Rp 252.000.000
13	Karyawan Kas	3	Rp 7.000.000	Rp 252.000.000
14	Karyawan Personalia	3	Rp 7.000.000	Rp 252.000.000
15	Karyawan Humas	3	Rp 7.000.000	Rp 252.000.000
16	Karyawan Keamanan	6	Rp 7.000.000	Rp 504.000.000
17	Karyawan K3	5	Rp 7.000.000	Rp 420.000.000
18	Karyawan Litbang	3	Rp 7.000.000	Rp 252.000.000
19	Operator	40	Rp 7.000.000	Rp 3.360.000.000
20	Supir	4	Rp 6.000.000	Rp 288.000.000
21	Librarian	1	Rp 5.000.000	Rp 60.000.000
22	<i>Cleaning service</i>	5	Rp 4.500.000	Rp 270.000.000
23	Dokter	2	Rp 10.000.000	Rp 240.000.000
24	Perawat	4	Rp 7.000.000	Rp 336.000.000
Total		145	Rp 232.500.000	Rp 15.294.000.000

#### 4.7.4.5 Jam Kerja Karyawan

Dalam setahun pabrik n-butyl metakrilat beroperasi selama 330 hari dengan waktu operasi 24 jam perhari. Kapmen No.102 tahun 2004 menjadi acuan dalam pengaturan jam kerja karyawan. Pengaturan ini termasuk waktu dan upah kerja lembur. Terdapat dua golongan karyawan dalam pembagian jam kerja, yaitu karyawan shift dan *non shift*. Dimana karyawan shift merupakan karyawan dengan tugas langsung mengenai pengaturan bagian-bagian tertentu yang menyangkut keamanan, proses produksi, dan kelancaran produksi. Dalam sehari semalam karyawan akan bergantian bekerja. Sedangkan untuk karyawan *non shift* dalam seminggu mereka hanya akan bekerja dan berada diperusahaan selama 5 hari.

##### A. Jam Kerja Karyawan Shift

*Shift* pagi : 07.00 – 15.00

*Shift* sore : 15.00 – 23.00

*Shift* malam : 23.00 – 07.00

Terdapat 4 kelompok pada karyawan *shift*, yaitu kelompok A, B, C, dan D. dalam satu hari kerja terdapat tiga kelompok yang akan masuk dan satu kelompok libur. Jadwal kerja dan libur ini dilakukan secara bergantian. Pada hari besar atau hari libur yang telah diatur pemerintah, karyawan yang mendapatkan giliran tugas akan tetap bekerja. Berikut merupakan jadwal kerja masing-masing kelompok:

**Tabel 4.15** Jadwal Kerja Tiap Kelompok

Hari	Pagi	Siang	Sore	Libur
Senin	A	B	C	D
Selasa	D	A	B	C
Rabu	C	D	A	B
Kamis	B	C	D	A
Jumat	A	B	C	D
Sabtu	D	A	B	C
Minggu	C	D	A	B

B. Jam kerja karyawan *non shift*

Sedangkan untuk karyawan *non shift* pengaturan jam kerja sebagai berikut:

Senin – Kamis

Jam kerja : 07.00 – 12.00 dan 13.00 – 16.00

Istirahat : 12.00 – 13.00

Jumat

Jam kerja : 07.00 – 13.00 dan 13.30 – 17.00

Istirahat : 11.30 – 13.30

Sabtu dan minggu merupakan hari libur.

#### 4.8 Evaluasi Ekonomi

Tujuan dari analisa ekonomi adalah agar dapat mengetahui kelayakan suatu pabrik untuk didirikan dan apakah pabrik tersebut menghasilkan keuntungan atau tidak. Analisa ekonomi dibutuhkan pada suatu rancangan pabrik agar dapat meninjau berapa banyak laba yang dapat diperoleh, berapa lama dapat dikembalikannya modal investasi, dan mengetahui titik impas dimana keuntungan yang didapat sama dengan total biaya yang digunakan untuk produksi sehingga kelayakan investasi modal pada suatu pabrik dapat diperkirakan.

Terdapat beberapa factor dalam meninjau evaluasi ekonomi, yaitu:

- A. Waktu pengembalian modal / *Pay out time* (POT)
- B. Titik impas / *Break event poin* (BEP)
- C. Laju pengembalian modal / *Return on investmen*
- D. Batas produksi akan bangkrut / *Shut down point* (SDP)
- E. Perkiraan keuntungan / *Discounted cost flow*

Perlu dilakukan perkiraan mengenai beberapa aspek yang mencakup biaya produksi total, keuntungan yang didapat, dan total modal sebelum melakukan analisa mengenai lima faktor diatas. Beberapa aspek yang harus diperkirakan adalah:

A. Total Biaya Produksi (*Total Production Cost*)

1. *Manufacturing Cost* (Biaya pembuatan)

Yaitu dana yang digunakan untuk hal-hal yang menyangkut proses pembuatan produk, hal-hal ini terdiri dari:

a. *Direct Manufacturing Cost* (DMC)

Dana yang digunakan untuk hal yang bersangkutan langsung dengan produk misalnya *labor cost, maintenance, raw material, plant supplies, supervision, patents, dan utility* serta *royalties*.

b. *Fixed Manufacturing Cost* (FMC)

Merupakan dana yang akan digunakan untuk *insurance*, depresiasi (penyusutan), dan *property taxes* yang mana produk ataupun waktu tidak berpengaruh pada besarnya dana ini.

c. *Indirect Manufacturing Cost* (IMC)

Merupakan dana yang secara tidak langsung karena operasi pabrik. Dana ini meliputi *laboratori, packing, shipping, plant overhead, dan payroll overhead*.

2. *General Expense*

Yaitu pengeluaran umum yang mencakup kebutuhan-kebutuhan mengenai fungsi perusahaan yang mana tidak berhubungan dengan *manufacturing*.

B. Modal Industri (*Total Capital Investment*)

Merupakan total dana yang digunakan untuk proses produksi dan fasilitas yang terdiri dari:

1. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)

Yang mencakup:

a. *Engineering and Construction* (EC)

b. *Contractor's Fee* (CF)

c. *Physical Plant Cost* (PPC)

d. *Contingency Cost* (CC)

2. Modal Kerja (*Work Capital*)

Yang mencakup:

a. *Inprocess Inventory* (IPI) / Penyediaan bahan baku perhari

- b. *Raw Material Inventory* (RMI) / Penyediaan bahan baku
- c. *Extended Credit* (EC)
- d. *Produk Inventory* (PI)
- e. *Available Cash* (AC)

### C. Pendapatan Modal

Agar mengetahui titik impas, sehingga diperlukan beberapa perkiraan mengenai:

- a. Biaya tetap (*Fixed cost*)
- b. Biaya tidak tetap (*Regulated cost*)
- c. Biaya variable (*Variable cost*)

#### 4.8.1 Penaksiran Harga Peralatan

Kondisi ekonomi sangat mempengaruhi harga peralatan, sehingga harga alat tidak bisa selalu sama karena akan terjadi perubahan mengikuti perubahan kondisi ekonomi. Harga indeks peralatan operasi perlu diketahui terlebih dahulu agar harga alat tertentu dapat diperkirakan sehingga cara atau metode untuk mengetahui harga peralatan dapat digunakan. Metode yang digunakan untuk mendapatkan harga suatu peralatan yang ekuivalen pada waktu sekarang yaitu dengan mengonversikan harga dari peralatan pada waktu lalu.

Digunakan persamaan sebagai berikut :

$$E_x = E_y \frac{N_x}{N_y}$$

Keterangan:

$E_y$  = harga alat ketika tahun  $y$

$N_y$  = indeks harga alat ketika tahun  $y$

$N_x$  = indeks harga alat ketika tahun  $x$

$E_x$  = harga alat ketika tahun  $x$

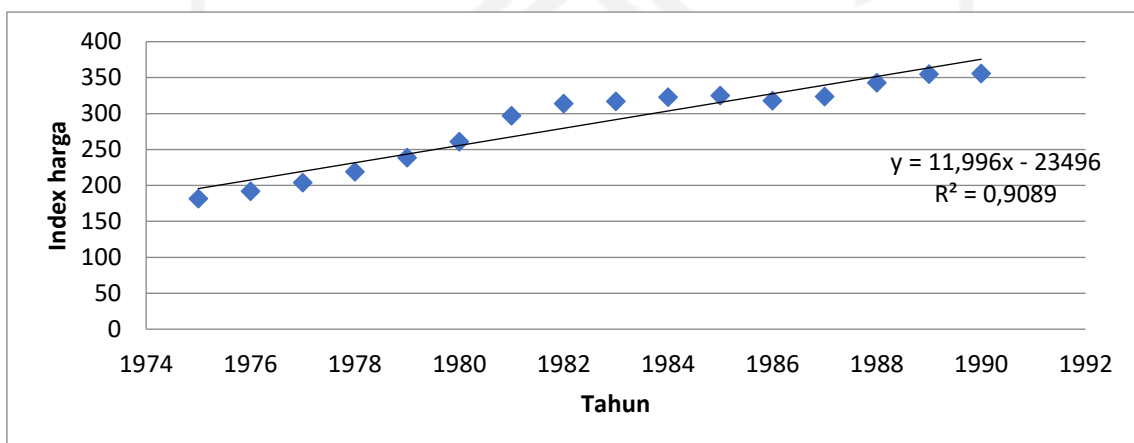
(Aries dan Newton, 1955)



**Tabel 4.16** Harga Indeks Tahun 1975-1990

Tahun	Indeks
1975	182
1976	192
1977	204
1978	219
1979	239
1980	261
1981	297
1982	314
1983	317
1984	323
1985	325
1986	318
1987	324
1988	343
1989	355
1990	356

**Gambar 4.7** Grafik Hubungan Tahun dengan Indeks Harga Alat



Berdasarkan gambar 4.6 didapatkan persamaan indeks harga seperti dibawah ini:

$$Y = 11,99x - 23496$$

Dengan :  $y$  = harga indeks

$x$  = tahun

dengan demikian didapat indeks harga ditahun berikutnya seperti pada berikut ini :

**Tabel 4.17** Indeks Harga Tahun 2002 -2030

Tahun	Indeks
2002	520
2003	532
2004	544
2005	556
2006	568
2007	580
2008	592
2009	604
2010	616
2011	628
2012	640
2013	652
2014	664
2015	676
2016	688
2017	700
2018	712
2019	724
2020	736
2021	748
2022	760
2023	772

2024	784
2025	796
2026	808
2027	820
2028	832
2029	844
2030	856

Indeks harga pada tahun 1990 = 356

Indeks harga pada tahun 2002 = 520

Indeks harga pada tahun 2025 = 796

Digunakan buku Robert S. Aries dan Robert D. Newton "Chemical Engineering Plant Cost Estimation"

Untuk melihat daftar harga alat. Jika kurva spesifikasi tidak terpotong oleh suatu alat yang memiliki kapasitas tertentu, maka rumus yang digunakan untuk memperkirakan harga alat adalah :

$$E_b = E_a \left( \frac{C_b}{C_a} \right)^{0,6}$$

Dengan :

$E_b$  = harga alat b

$C_b$  = kapasitas alat b

$E_a$  = harga alat a

$C_a$  = kapasitas alat a

#### 4.8.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas produksi = 23.000 ton/tahun

Satu tahun produksi = 330 hari

Umur pabrik = 10 tahun

Pabrik didirikan pada tahun = 2025

Kurs mata uang = 1\$US = Rp 14.100,00

Harga bahan baku	:	
Asam metakrilat	= Rp	2.453.461.774.374/tahun
Butanol	= Rp	1.020.278.557.561 /tahun
Harga bahan pembantu	:	
Asam sulfat	= Rp	17.952.295.546/tahun
Natrium Hidroksida	= Rp	55.176.366.456 /tahun
Harga jual	:	
N-butyl metakrilat	= Rp	5.888.315.100.000 /tahun

### 4.8.3 Perhitungan Biaya

#### 4.8.3.1 *Capital Investmen*

*Capital investment* merupakan jumlah pengeluaran yang dibutuhkan dalam mendirikan fasilitas pabrik serta untuk beroperasinya pabrik. *Capital investment* meliputi :

a) *Fixed capital investment*

*Fixed capital investment* merupakan biaya yang dibutuhkan untuk mendirikan fasilitas pabrik, meliputi :

- *Physical plant cost* (PPC)
- *Engineering and construction cost* (EC)
- *Contractor's fee* (CF)
- *Sontingency cost* (C) atau biaya tak terduga

b) *Working capital investment*

*Working capital investment* merupakan biaya yang dibutuhkan untuk mengoperasikan suatu pabrik dalam waktu tertentu, meliputi :

- *Raw material inventory* atau persediaan bahan baku
- *In process inventory* atau persediaan bahan baku per hari
- *Product inventory* atau persediaan produk

#### **4.8.3.2 Manufacturing Cost**

*Manufacturing cost* adalah jumlah pengeluaran yang berkaitan dengan pembuatan produk, *fixed manufacturing cost*, *direct*, dan *Indirect*. Berdasarkan Arries dan Newton (Tabel 23), *manufacturing cost* mencakup:

A. *Fixed cost*

Merupakan pengeluaran dengan sifat tetap, tidak dipengaruhi tingkat produksi dan waktu atau pengeluaran ketika pabrik beroperasi maupun tidak beroperasi.

B. *Direct cost*

Merupakan biaya yang dikeluarkan untuk hal-hal yang bersangkutan langsung dengan proses pembuatan produk

C. *Indirect cost*

Merupakan biaya yang digunakan karena hal-hal tidak langsung akibat operasi pabrik

#### **4.8.3.3 General Expense**

Merupakan pengeluaran umum yang mencakup biaya yang memiliki kaitan dengan fungsi perusahaan yang diluar *manufacturing cost*

#### **4.8.4 Analisa Kelayakan**

Analisa kelayakan dilakukan untuk mengetahui layak atau tidaknya suatu pabrik didirikan dengan cara melihat banyaknya keuntungan atau kerugian yang dimiliki perusahaan tersebut. Pabrik n-butyl metakrilat dikategorikan pabrik yang memiliki resiko rendah karena jalannya proses menggunakan tekanan yang cukup rendah, dengan tekanan paling besar yang digunakan adalah 2,5 atm. Selain itu pabrik ini belum ada didirikan di Indonesia. Untuk menentukan analisa kelayakan digunakan beberapa cara yaitu:

#### 4.8.4.1 ROI

*Return of investment* merupakan perkiraan tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan yang didasarkan oleh kecepatan pengembalian modal tetap yang diinvestasikan. Perhitungan ROI dapat dilakukan dengan persamaan :

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

#### 4.8.4.2 POT

*Pay out time* merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan modal yang dihasilkan atas dasar keuntungan yang didapatkan. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui berapa lama investasi yang telah dilakukan akan kembali. Pabrik memiliki resiko rendah apabila nilai POT menunjukkan maksimal 5 tahun. Sedangkan pabrik akan beresiko tinggi apabila nilai POT menunjukkan maksimal 2 tahun. Perhitungan POT dapat dilakukan dengan persamaan berikut :

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{Profit} + \text{Depresiasi})}$$

#### 4.8.4.3 Break Even Point (BEP)

*Break even poin* adalah suatu titik impas atau suatu keadaan ketika pabrik tidak memiliki kerugian maupun keuntungan. Selain itu BEP merupakan titik untuk mengetahui tingkat penghasilan dan biaya pengeluaran yang memiliki nilai sama. Untuk mengetahui jumlah unit dan harga jual minimum serta jumlah unit penjualan yang harus dipenuhi supaya mendapatkan keuntungan maka diperlukan BEP. Pabrik akan memiliki keuntungan jika operasi diatas BEP, dan akan mengalami kerugian jika operasi dibawah BEP. Umumnya nilai BEP kisaran 40%-60%.

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

Dimana:

Sa = *annual sales value* pada produksi maksimum

Ra = *annual regulated expenses* pada produksi maksimum

Fa = *annual fixed manufacturing cost* pada produksi maksimum

Va = *annual variable value* pada produksi maksimum

#### 4.8.4.4 Shut Down Point (SDP)

*Shut down point* yaitu saat penentuan dimana suatu kegiatan produksi dihentikan. Penghentian ini bisa karena keputusan manajemen yang dikarenakan kegiatan produksi yang tidak ekonomis, atau bisa juga diakibatkan oleh terlalu tingginya *variable cost*. Dalam setahun persen kapasitas minimum pabrik bisa mencapai kapasitas produk yang diinginkan. Namun jika pabrik tersebut dalam setahun tidak bisa mencapai kapasitas minimum yang diinginkan maka operasi pabrik harus dihentikan. Hal ini disebabkan karena biaya yang akan dikeluarkan untuk melanjutkan proses operasi akan lebih mahal dibandingkan dengan biaya yang digunakan untuk membayar *fixed cost* dan menutup pabrik. Sehingga SDP ini merupakan titik dimana produksi pabrik harus dihentikan karena mengalami kebangkrutan.

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

#### 4.8.4.5 DCFRR

*Discounted cash flow rate of return* merupakan perkiraan keuntungan pabrik yang diperoleh setiap tahun berdasarkan investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik. Perhitungan DCFRR dapat dilakukan dengan persamaan :

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

Keterangan :

FC = *fixed capital*

WC = *working capital*

$SV = salvage\ value$

$C = cash\ flow$  (keuntungan setelah pajak + depresiasi + finance+)

$n = umur\ pabrik$

$i = nilai\ DCFRR$

Dalam perhitungan DCFRR dapat digunakan asumsi umur ekonomis pabrik 10 tahun, annual profit dan *taxes* konstan setiap tahun, dan nilai depresiasi sama setiap tahun.

#### 4.8.5 Hasil Perhitungan

Rencana pendirian pabrik n-butyl metakrilat ini memerlukan rencana perhitungan analisis. Hasil rancangan masing-masing disajikan pada tabel sebagai berikut :

**Tabel 4.18** *Physical plant cost (PPC)*

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	Rp 62.312.772.905	\$ 4.419.346
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	Rp 15.578.193.226	\$ 1.104.836
3	Instalasi cost	Rp 10.538.371.508	\$ 747.402
4	Pemipaan	Rp 34.792.844.976	\$ 2.467.578
5	Instrumentasi	Rp 15.645.809.214	\$ 1.109.632
6	Insulasi	Rp 2.445.002.951	\$ 173.404
7	Listrik	Rp 9.346.915.936	\$ 662.902
8	Bangunan	Rp 21.397.500.000	\$ 1.517.553
9	<i>Land &amp; Yard Improvement</i>	Rp 49.836.000.000	\$ 3.534.468
<b>Physical Plant Cost (PPC)</b>		<b>Rp 221.893.410.716</b>	<b>\$ 15.737.121</b>

**Tabel 4.19** *Direct plant cost (DPC)*

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Teknik dan Konstruksi	Rp 66.568.023.215	\$ 4.721.136
<b>Total (DPC + PPC)</b>		<b>Rp 288.461.433.931</b>	<b>\$ 20.458.258</b>



**Tabel 4.20 Fixed capital investment (FCI)**

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Total DPC + PPC	Rp 288.461.433.931	\$ 20.458.258
2	Kontraktor	Rp 28.846.143.393	\$ 2.045.826
3	Biaya tak terduga	Rp 72.115.358.483	\$ 5.114.564
<b>Fixed Capital Investment (FCI)</b>		<b>Rp 389.422.935.807</b>	<b>\$ 27.618.648</b>

**Tabel 4.21 Direct manufacturing cost (DMC)**

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Raw Material	Rp 3.546.868.993.937	\$ 251.550.992
2	Labor	Rp 7.092.000.000	\$ 502.979
3	Supervision	Rp 1.773.000.000	\$ 125.745
4	Maintenance	Rp 15.576.917.432	\$ 1.104.746
5	Plant Supplies	Rp 2.336.537.615	\$ 165.712
6	Royalty and Patents	Rp 58.883.151.000	\$ 4.176.110
7	Utilities	Rp 1.126.004.764.862	\$ 79.858.494
<b>Direct Manufacturing Cost (DMC)</b>		<b>Rp 4.758.535.364.847</b>	<b>\$337.484.778</b>

**Tabel 4.22 Indirect manufacturing Cost (IMC)**

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Payroll Overhead	Rp 1.063.800.000	\$ 75.447
2	Laboratory	Rp 709.200.000	\$ 50.298
3	Plant Overhead	Rp 7.092.000.000	\$ 502.979
4	Packaging and Shipping	Rp 294.415.755.000	\$ 20.880.550
<b>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</b>		<b>Rp 303.280.755.000</b>	<b>\$ 21.509.273</b>

**Tabel 4.23 Fixed manufacturing cost (FMC)**

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Depreciation	Rp 31.153.834.865	\$ 2.209.492
2	Propertu taxes	Rp 3.894.229.358	\$ 276.186
3	Insurance	Rp 3.894.229.358	\$ 276.186
<b>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</b>		<b>Rp 38.942.293.581</b>	<b>\$ 2.761.865</b>

**Tabel 4.24 Manufacturing cost (MC)**

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Direct Manufacturing Cost (DMC)	Rp 4.758.535.364.847	\$ 337.484.778
2	Indirect Manufacturing Cost (IMC)	Rp 303.280.755.000	\$ 21.509.273
3	Fixed Manufacturing Cost (FMC)	Rp 38.942.293.581	\$ 2.761.865
<b>Manufacturing Cost (MC)</b>		<b>Rp 5.100.758.413.427</b>	<b>\$ 361.755.916</b>

**Tabel 4.25 Working capital (WC)**

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Raw Material Inventory	Rp 75.236.615.023	\$ 5.335.930
2	In Process Inventory	Rp 7.728.421.839	\$ 548.115
3	Product Inventory	Rp 108.197.905.739	\$ 7.673.610
4	Extended Credit	Rp 124.903.653.636	\$ 8.858.415
5	Available Cash	Rp 463.705.310.312	\$ 32.886.901
<b>Working Capital (WC)</b>		<b>Rp 779.771.906.549</b>	<b>\$ 55.302.972</b>

**Tabel 4.26 General expense (GE)**

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Administration	Rp 153.022.752.403	\$ 10.852.677
2	Sales expense	Rp 255.037.920.671	\$ 18.087.796
3	Research	Rp 193.828.898.847	\$ 13.746.725
4	Finance	Rp 23.383.896.847	\$ 1.658.432
<b>General Expense (GE)</b>		<b>Rp 625.273.389.632</b>	<b>\$ 44.345.630</b>

**Tabel 4.27 Total production cost (TPC)**

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Manufacturing Cost (MC)	Rp 5.100.758.413.427	\$ 361.755.916
2	General Expense (GE)	Rp 625.273.389.632	\$ 44.345.630
<b>Total Production Cost (TPC)</b>		<b>Rp 5.726.031.803.059</b>	<b>\$ 406.101.546</b>

**Tabel 4.28 Fixed cost (Fa)**

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp 31.153.834.865	\$ 2.209.492
2	<i>Property taxes</i>	Rp 3.894.229.358	\$ 276.186
3	<i>Insurance</i>	Rp 3.894.229.358	\$ 276.186
<b>Fixed Cost (Fa)</b>		<b>Rp 38.942.293.581</b>	<b>\$ 2.761.865</b>

**Tabel 4.29 Variable cost (Va)**

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw material</i>	Rp 3.546.868.993.937	\$ 251.550.992
2	<i>Packaging &amp; shipping</i>	Rp 294.415.755.000	\$ 20.880.550
3	<i>Utilities</i>	Rp 1.126.004.764.862	\$ 79.858.494
4	<i>Royalties and Patents</i>	Rp 58.883.151.000	\$ 4.176.110
<b>Variable Cost (Va)</b>		<b>Rp 5.026.172.664.799</b>	<b>\$ 356.466.146</b>

**Tabel 4.30 Regular cost (Ra)**

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Labor cost</i>	Rp 7.092.000.000	\$ 502.979
2	<i>Plant overhead</i>	Rp 7.092.000.000	\$ 502.979
3	<i>Payroll overhead</i>	Rp 1.063.800.000	\$ 75.447
4	<i>Supervision</i>	Rp 1.773.000.000	\$ 125.745
5	<i>Laboratory</i>	Rp 709.200.000	\$ 50.298
6	<i>Administration</i>	Rp 153.022.752.403	\$ 10.852.677
7	<i>Finance</i>	Rp 23.383.896.847	\$ 1.658.432
8	<i>Sales expense</i>	Rp 255.037.920.671	\$ 18.087.796
9	<i>Research</i>	Rp 193.828.819.710	\$ 13.746.725
10	<i>Maintenance</i>	Rp 15.576.917.432	\$ 1.104.746
11	<i>Plant supplies</i>	Rp 2.336.537.615	\$ 165.712
<b>Regulated Cost (Ra)</b>		<b>Rp 660.916.844.679</b>	<b>\$ 46.873.535</b>

#### 4.8.6 Analisa Keuangan

Total penjualan	= Rp 5.888.315.100.000
Total production cost	= Rp 5.726.031.803.059
Keuntungan sebelum pajak	= Rp162.283.296.941
Pajak pendapatan	= Rp 84.387.314.409
Keuntungan setelah pajak	=Rp 77.895.982.532

#### 4.8.7 Hasil Kelayakan Ekonomi

##### 4.8.7.1 ROI

$$ROI = \frac{\text{keuntungan}}{\text{fixed capital}} \times 100\%$$

ROI sebelum pajak = 41,67 %

ROI sesudah pajak = 20,00%

##### 4.8.7.2 POT

$$BEP = \frac{(fa + 0.3Ra)}{(Sa - Va - 0.7Ra)} \times 100\%$$

POT sebelum pajak = 2,01 tahun

POT setelah pajak = 3,6 tahun

##### 4.8.7.3 BEP

$$POT = \frac{\text{fixed capital investmen}}{(\text{keuntungan tahunan} + \text{depresiasi})} \times 100\%$$

BEP = 59,38%

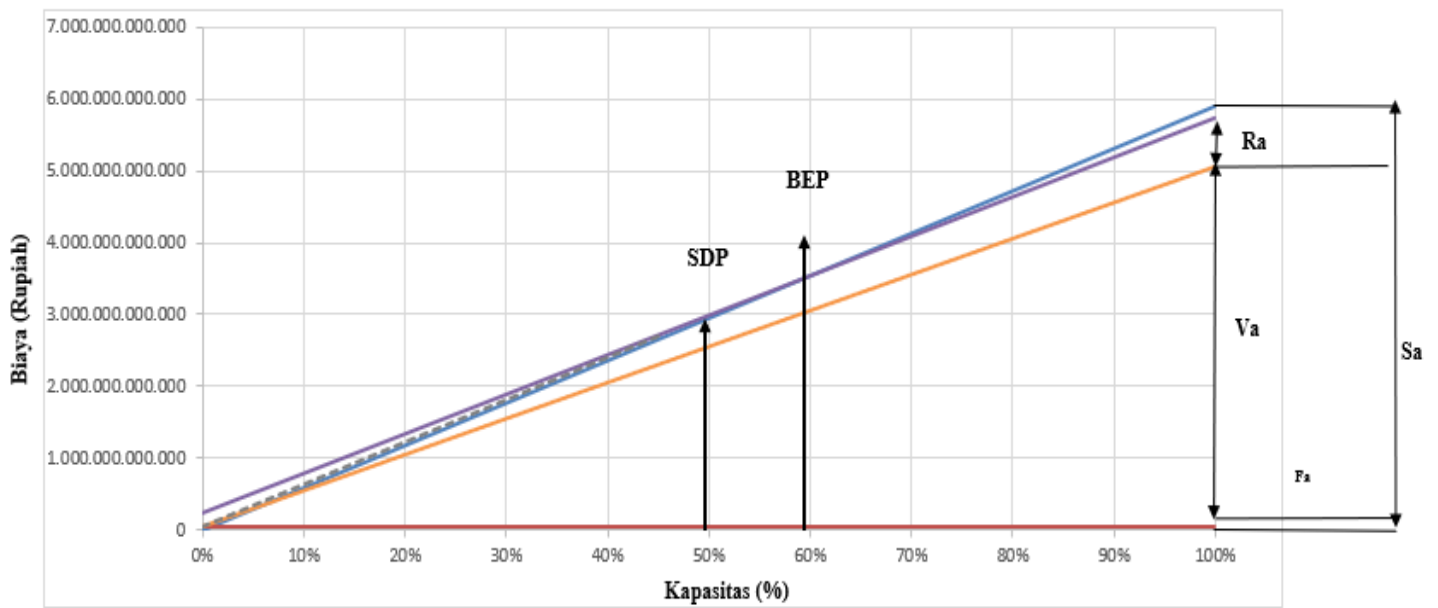
#### 4.8.7.4 SDP

$$SDP = \frac{(0.3Ra)}{(Sa - Va - 0.7Ra)} \times 100\%$$

SDP = 49,63 %

#### 4.8.7.5 DCFRR

Umur pabrik	= 10 tahun
Fixed capital investment	= Rp 389.422.935.807
Working capital	= Rp 779.771.906.549
Salvage value (SV)	= Rp 31.153.834.865
Cash Flow (CF)	= Rp 132.433.714.243



**Gambar 4. 8** Grafik Hubungan Kapasitas Produksi terhadap BEP dan SDP

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Pabrik n-Butil Metakrilat dari bahan baku Asam Metakrilat dan Butanol dengan katalis Asam Sulfat yang memiliki kapasitas 23.000 ton/tahun, dapat digolongkan sebagai berikut:

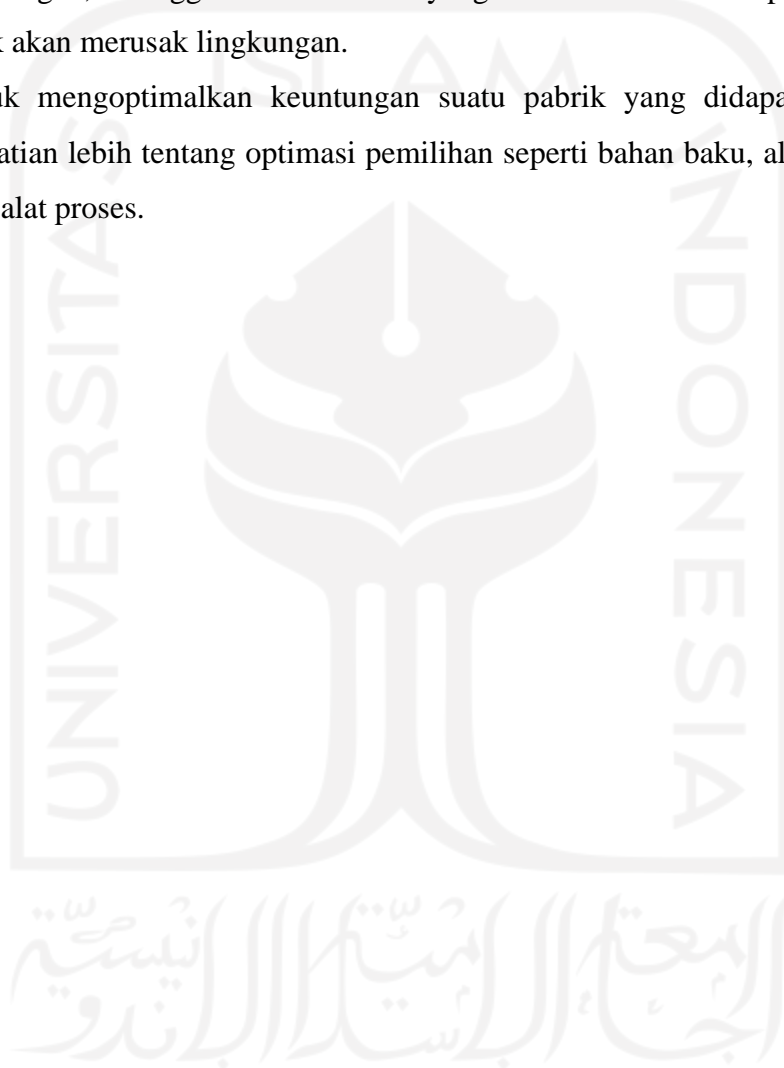
1. Dilihat dari tinjauan proses, kondisi operasi, serta sifat-sifat bahan baku dan produk, sehingga dapat disimpulkan bahwa pabrik yang akan didirikan ini tergolong sebagai pabrik yang beresikorendah.
2. Berdasarkan hasil yang didapat dari analisis ekonomi diperoleh:
  - a. Keuntungan sebelum pajak Rp 162.283.296.941 pertahun, dan keuntungan setelah pajak sebesar Rp77.895.982.532per tahun.
  - b. Presentase *return on investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 42 %, dan ROI setelah pajak sebesar 20%. Syarat ROI sebelum pajak minimum untuk pabrik kimia beresiko rendah adalah 11% (Aries & Newton,1955).
  - c. *Pay out time* (POT) sebelum pajak adalah selama 2,01 tahun dan setelah pajak selama 3,6 tahun. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah maksimum adalah 5 tahun (Aries & Newton,1955)
  - d. *Break even point* (BEP) pada 59%, dan *shut downpoint*(SDP) pada 50%.
  - e. *Discounted cash flow rate* (DCFR) sebesar31%.

Berdasarkan hasil analisis ekonomi tersebut dapat disimpulkan bahwa pabrik n-butyl metakrilat dengan kapasitas 23.000 ton/tahun ini layak didirikan dan menarik untuk dikaji lebih lanjut.

## 5.2 Saran

Untuk merancang suatu pabrik kimia dibutuhkan pemahaman konsep-konsep dasar yang bisa meningkatkan kelayakan pendirian suatu pabrik kimia, yaitu:

1. Diharapkan adanya perkembangan pabrik-pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan, sehingga limbah-limbah yang dihasilkan oleh setiap pabrik kimia tidak akan merusak lingkungan.
2. Untuk mengoptimalkan keuntungan suatu pabrik yang didapat dibutuhkan perhatian lebih tentang optimasi pemilihan seperti bahan baku, alat penunjang, atau alat proses.



## DAFTAR PUSTAKA

- Aries R.S. & Newton, R.D., 1955, *Chemical Engineering Cost Estimation*, McGraw - Hill Book Company, New York.
- Badan Pusat Statistik, 2020, *Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia*, Indonesia foreign, Trade Statistic Import, Yogyakarta.
- Brown, G.G., 1958, *Unit Operations*, John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Brownell, L.E. & Young, E.H., 1959, *Process Equipment Design*, John Wiley & Sons Inc., New York.
- Coulson, J.M., Richardson, J.F., & Sinnott, R.K., 1999, *Chemical Engineering Design, Volume 6, 3<sup>ed.</sup>*, Butterworth Heinemann, Great Britain.
- Kern, D.Q., 1950, *Process Heat Transfer*, McGraw - Hill Book Company, Tokyo.
- Kirk, Othmer., 1998, *Encyclopedia of Chemical Technology, 3<sup>rd</sup> ed, Vol.1*. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Ludwig, E.E., 1982, *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants, Volume 1, 3<sup>rd</sup> ed*, Butterworth-Heinemann, United States of America.
- McCabe, W., Smith, and Harriot, P, 1993, *Unit Operations of Chemical Engineering, 5<sup>th</sup> ed*, McGraw - Hill Book Company, New York.
- Perry, R.H., 1984, *Perry's Chemical Engineers Hand Book, 6<sup>ed.</sup>*, McGraw - Hill Book Company, New York.
- Peters, M. S., and Timmerhaus, K. D., 1991, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers, 4<sup>th</sup> ed*, McGraw - Hill Book Company, Singapore.
- Powell, S. T., 1954, *Water Conditioning for Industry, 1<sup>st</sup> ed.*, McGraw - Hill Book Co., Kogakusha, Tokyo.



Rase, H.F., 1977, *Chemical Reactor Design for Process Plants, Volume 1*, John Wiley & Sons, Inc., New York.

Smith, J.M., 1970, *Chemical Engineering Kinetics, 2<sup>nd</sup> ed.*, McGraw - Hill Book Company, New York.

Treyball, R.E., 1981, *Mass Transfer Operations, 3<sup>rd</sup> ed.*, McGraw - Hill Book Company, Singapore.

Yaws, C. L., 1999, *Chemical Properties Handbook*, McGraw - Hill Companies Inc., New York.

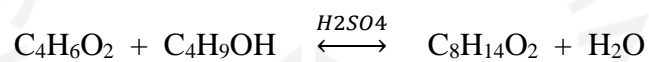


# LAMPIRAN

## PERANCANGAN REAKTOR

- Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (R)
- Fungsi : Mereaksikan asam metakrilat ( $C_4H_6O_2$ ) dan butanol ( $C_4H_9OH$ ) dengan katalis asam sulfat ( $H_2SO_4$ )

- Reaksi yang terjadi didalam reaktor :



- Kondisi operasi :

- Suhu = 92 C = 365 K
- Tekanan = 1 atm = 14,7 psi  
(data diperoleh dari US Patent No. 5,883,288)

1. Dasar pemilihan jenis reaktor :

- Fase reaksi cair-cair dan proses kontinyu
- Pada reaktor alir tangki berpengaduk suhu dan komponen campuran dalam reaktor selalu seragam. Hal tersebut memungkinkan melakukan suatu proses eksotermis dalam reaktor alir tangki berpengaduk

2. Neraca massa :

Komponen	Input (3)	Input (4)	Input (3)	Input (4)	Output (5)	
	kg/jam	kg/jam	kmol/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	2.099	0	24	0	336	4
C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	2.601	0	35	0	1.084	15
C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	145	0	1	0	3.058	21
H <sub>2</sub> O	132	5	7	0,263	506	28
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	63	0	0,642	63	0,642
Total	4.978	67	68	0,905	5.046	69
		5.046		69		

3. Penentuan kecepatan volumetric (Fv) :

Komponen	Mol/jam	Massa (kg/jam)	$\rho$ (kg/L)	Fv (L/jam)
C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	0,022	2.099	0,945	2.073
C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	0,032	2.601	0,749	3.171
C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	0,001	145	0,829	175
H <sub>2</sub> O	0,007	132	0,966	138
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,006	63	1,752	34
Total	0,063	5.046		5.591

4. Kinetika reaksi :

- Persamaan kecepatan reaksi :  $r_a = k_1 \cdot C_a \cdot C_b - k_2 \cdot C_c \cdot C_d$
- Konstanta kesetimbangan (K): 11,39  
(J. Balak, Research Institute of Petrochemistry, CS-972 71, Novaky)
- Mencari nilai x dengan konstanta kesetimbangan (K) :



$$K = \frac{C_c \cdot C_d}{C_a \cdot C_b}$$

Stoikiometri :

Komponen	Mula-mula	Reaksi	Sisa
A	Fao	Fao . x	Fa = Fao – Fao . x
B	Fbo	Fao . x	Fb = Fbo – Fao . x
C	Fco	Fao . x	Fc = Fco + Fao . x
D	Fdo	Fao . x	Fd = Fdo + Fao . x
Total	Fto = Fao + Fbo + Fco + Fdo		Ft = Fao + Fbo + Fco + Fdo Ft = Fto

Dengan asumsi volume tetap

$$K = \frac{C_c \cdot C_d}{C_a \cdot C_b}$$

$$K = \frac{\left(\frac{F_{co}+F_{ao}.x}{F_{to}}\right) \left(\frac{F_{do}+F_{ao}.x}{F_{to}}\right)}{\left(\frac{F_{ao}-F_{ao}.x}{F_{to}}\right) \left(\frac{F_{bo}-F_{ao}.x}{F_{to}}\right)}$$

$$K = \frac{(F_{co} + F_{ao} \cdot x)(F_{do} + F_{ao} \cdot x)}{(F_{ao} - F_{ao} \cdot x)(F_{bo} - F_{ao} \cdot x)}$$

Sehingga diperoleh nilai x sebesar 0,84

5. Menghitung konsentrasi :

- Konsentrasi asam metakrilat :

$$C_{ao} = \frac{F_{ao}}{F_v}$$

$$C_{ao} = \frac{m_a \times 1000 \text{ mol/kmol}}{BM_a \times F_v}$$

$$C_{ao} = \frac{2.099 \text{ kg/jam} \times 1.000 \text{ mol/kmol}}{86,09 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \times 5.591 \text{ L/jam}}$$

$$C_{ao} = 4,07 \text{ mol/L}$$

- Konsentrasi butanol :

$$C_{bo} = \frac{F_{bo}}{F_v}$$

$$C_{bo} = \frac{m_b \times 1000 \text{ mol/kmol}}{BM_b \times F_v}$$

$$C_{bo} = \frac{2.601 \text{ kg/jam} \times 1.000 \text{ mol/kmol}}{74,12 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \times 5.591 \text{ L/jam}}$$

$$C_{bo} = 5,73 \text{ mol/L}$$

- Konsentrasi butil metakrilat :

$$C_{co} = \frac{F_{co}}{F_v}$$

$$C_{co} = \frac{m_c \times 1000 \text{ mol/kmol}}{BM_c \times F_v}$$

$$C_{co} = \frac{145 \text{ kg/jam} \times 1.000 \text{ mol/kmol}}{142,19 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \times 5.591 \text{ L/jam}}$$

$$C_{co} = 0,182 \text{ mol/L}$$

- Konsentrasi air :

$$C_{do} = \frac{F_{do}}{F_v}$$

$$C_{do} = \frac{m_d \times 1000 \text{ mol/kmol}}{BM_d \times F_v}$$

$$C_{do} = \frac{133 \text{ kg/jam} \times 1.000 \text{ mol/kmol}}{18,02 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \times 5.591 \text{ L/jam}}$$

$$C_{do} = 1,32 \text{ mol/L}$$

6. Menghitung volume reaktor alir tangki berpengaduk :

$$V = \frac{F_{ao} \cdot x}{(-r_a)}$$

Dengan,

$$(-r_a) = k_1 \cdot C_a \cdot C_b - k_2 \cdot C_c \cdot C_d$$

$$(-r_a) = k_1 \cdot C_{ao} (1 - x)(C_{bo} - C_{ao} \cdot x) - k_2 \cdot (C_{co} + C_{ao} \cdot x)(C_{do} + C_{ao} \cdot x)$$

$$V = \frac{F_{ao} \cdot x}{k_1 \cdot C_{ao} (1-x)(C_{bo} - C_{ao} \cdot x) - k_2 (C_{co} + C_{ao} \cdot x)(C_{do} + C_{ao} \cdot x)}$$

$$V = 5.632 \text{ L}$$

$$V = 1.488 \text{ gallon}$$

7. Menentukan dimensi reaktor :

Untuk perancangan dibuat overdesign 20%

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki overdesign} &= 1,2 \times \text{volume larutan} \\ &= 6,76 \text{ m}^3 \\ &= 1.785 \text{ gallon} \end{aligned}$$

Dipilih tangki silinder dengan perbandingan D : H = 2 : 3.

$$V_t = V_s + 2V_h$$

dengan :

$$V_s = \pi/4 \cdot D^2 \cdot H$$

$$V_h = 0,0847 \cdot D^3$$

sehingga :

$$V_s = \frac{\pi}{4 \times D^2 \times H} + 2V_h$$

$$V_s = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot (1,5 \times D) + 2 \times 0,0847 \cdot D^3$$

dimana :  $V_t$  = volume reaktor

$V_s$  = volume shell

$V_h$  = volume head

maka,

$$V_t = V_s + 2V_h$$

$$239 \text{ ft}^3 = 1,178 \cdot D^3 + 0,169 \cdot D^3$$

$$D^3 = 177 \text{ ft}^3$$

$$D = 5,6 \text{ ft}$$

$$= 1,71 \text{ m}$$

Sehingga tinggi reaktor yaitu :

$$H = 1,5 \times D$$

$$= 1,5 \times 5,6 \text{ ft}$$

$$= 8,42 \text{ ft}$$

$$= 2,56 \text{ m}$$

8. Menentukan tebal *shell* :

Digunakan persamaan :

$$ts = \frac{Pr}{(fE - 0.6P)} + c$$

dengan

ts = tebal dinding shell minimum, in

P = tekanan, psi

$$P \text{ total} = P \text{ operasi} + P \text{ hidrostatis}$$

$$\begin{aligned} P \text{ desain} &= (14,7 + 3,997) \times 1,2 \\ &= 22,44 \text{ psi} \end{aligned}$$

F = tegangan maksimal yang diijinkan, 18.750 psi

E = efisiensi sambungan las, 0,85

C = korosi yang diijinkan, 0,125 in

r = jari-jari tangka, 42,38 in

Jadi nilai ts = 0,17 in

Maka diperoleh nilai tebal shell standar sebesar 0,188 in atau 3/16. (Brownell, p-88)

$$\text{ID shell} = 67 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{OD shell} &= \text{ID} + 2t \\ &= 67 + (2 \times 0,17) \\ &= 68 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari table 5.7 Brownell & Young untuk nilai OD standar diambil nilai OD terdekat, diperoleh :

$$\text{OD} = 72 \text{ in}$$

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

$$\text{rc} = 72 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{ID} &= \text{OD} - 2t \\ &= 72 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\text{Hs} = 107 \text{ in}$$

9. Menentukan tebal *head* :

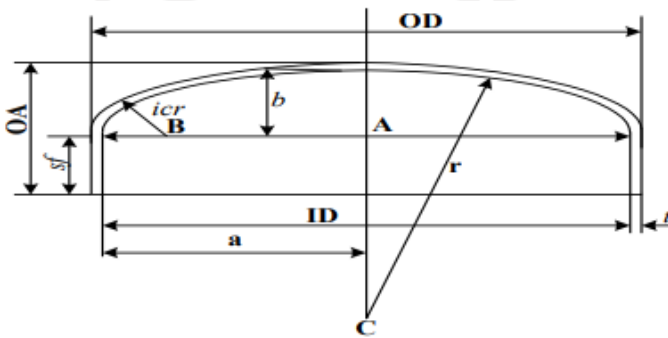
$$th = \frac{prw}{(2fE - 0.2P)} + C$$

$$th = \frac{21 \times 72 \times 2,4}{(2 \times 18.750 \times 0,85 - 0.2 \times 21)} + 0,125$$

$$th = 0,245 \text{ in}$$

Maka diperoleh nilai tebal *head* standar sebesar 0,250 in atau 1/4 in. (Brownell, p-88)

$$\begin{aligned} OD &= ID + 2th \\ &= 68 \text{ in} \end{aligned}$$



Keterangan :

ID = diameter dalam head

OD = diameter luar head

t = tebal head

r = jari-jari dish

icr = jari-jari dalam sudut

b = tinggi head

sf = straight flange

Dari table 5.7 Brownell & Young untuk nilai OD standar diambil nilai OD terdekat, diperoleh :

OD = 72 in

Icr = 1,5 in

rc = 72 in



$$\begin{aligned} a &= 0,5 \times ID \\ &= 0,5 \times 72 \\ &= 36 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AB &= a - icr \\ &= 36 - 1,6 \\ &= 34 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BC &= r - icr \\ &= 72 - 1,5 \\ &= 71 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AC &= (BC^2 - AB^2)^{0,5} \\ &= (71^2 - 34^2)^{0,5} \\ &= 62 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= r - AC \\ &= 72 - 62 \\ &= 10 \text{ in} \end{aligned}$$

$$sf = 2 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} OA &= th + b + sf \\ &= 0,25 + 10 + 2 \\ &= 13 \text{ in} \\ &= 0,321 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi, tinggi head total = 0,321 m

$$\begin{aligned} \text{Volume head, } V_h &= 0,000049 \cdot D^3 \\ &= 0,0847 \cdot D^3 \\ &= 18 \text{ ft}^3 \\ &= 0,507 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume flanged, } V_{sf} &= \pi/4 \cdot ID^2 \cdot sf \\ &= 8.026 \text{ in}^3 \\ &= 5 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume total head, } V_{ht} &= V_h + V_{sf} \\ &= 23 \text{ ft}^3 \\ &= 0,639 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume shell, } V_s &= V_t - (2 V_{ht}) \\ &= 6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Tinggi shell,  $H_s$  dari standarisasi = 107 in

$$\begin{aligned} \text{Tinggi tangki} &= H_s + (2 \times OA) \\ &= 133 \text{ in} \\ &= 3,37 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 10. Perancangan pengaduk :

$$\begin{aligned} \text{Volume cairan yang diaduk} &: 5,63 \text{ m}^3 &= 1.488 \text{ gallon} \\ \text{Viskositas cairan yang diaduk} &: 1,105 \text{ cP} &= 0,001 \text{ lb/ft.s} \\ \text{Densitas campuran} &: 907 \text{ kg/m}^3 &= 56,62 \text{ lb/ft}^3 \end{aligned}$$

Dari fig. 10.57 hal 372, vol 6 Coulson, dengan viskositas tertentu maka jenis impeller yang disesuaikan dapat ditentukan :

Dilihat dari nilai viskositas cairan, maka pengaduk mixer dapat dipilih jenis *blade turbine*, dengan spesifikasi pengaduk "*six blade flat turbine*" karena turbin ini dapat digunakan pada kecepatan tinggi pada cairan yang mempunyai viskositas yang *ranganya* cukup luas.

Gabungan dari buku (Brown fig.477 hal.507 dan Geankoplis t.3.4-1 hal.144) didapatkan persamaan-persamaan untuk "*Standard Agitation System*".

$D_t$  : diameter dalam mixer

$$\begin{aligned} D_i = D_a &: \text{diameter pengaduk} \\ &= D_t / 3 \\ &= 0,6 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_i = C & : \text{jarak pengaduk dari dasar} \\ & = 1,3 \times D_i \\ & = 0,78 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} w & : \text{lebar blade} \\ & = 0,2 \times D_i \\ & = 0,103 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L & : \text{panjang blade} \\ & = 0,25 \times D_i \\ & = 0,15 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_d & : \text{diameter batang penyangga impeller} \\ & = \frac{2}{3} \times D_i \\ & = 0,404 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Offset 1} & : \text{jarak baffle dari dasar tangki} \\ & = 0,5 \times D_i \\ & = 0,303 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Offset 2} & : \text{jarak baffle dari permukaan cairan} \\ & = \frac{1}{6} \times D_i \\ & = 0,017 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah baffle} : 4$$

$$\text{Panjang baffle} : H_{l.s} - (\text{offset 1} + \text{offset 2}) = 1,6 \text{ m}$$

#### 11. Menentukan tinggi cairan (ZL)

Mencari volume cairan dalam silinder (V<sub>l</sub>) :

$$\begin{aligned} V_s &= V_{\text{cairan}} - V_{\text{ht}} \\ &= 4,99 \text{ m}^3 \\ &= 176 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times ID^2 \times H_{\text{liq}}$$

Sehingga didapatkan tinggi cairan dalam shell :

$$H_{liq} = \frac{Vs}{\frac{\pi}{4} \times ID^2}$$

$$= 1,92 \text{ m}$$

$$= 6,3 \text{ ft}$$

$$ZL = 2,36 \text{ m}$$

## 12. Menentukan jumlah pengaduk

Walas, page 288

Viscosity (cP [Pa sec])	Maximum Level h/Dt	Number of Impellers	Impeller Clearance	
			Lower	Upper
<<25, [<<25]	1,4	1	h/3	-
<<25, [<<25]	2,1	2	Dt/3	(2/3)h
>>25, [>>25]	0,8	1	h/3	-
>>25, [>>25]	1,6	2	Dt/3	(2/3)h

Dipilih yang pertama dikarenakan viskositas cairan yang diaduk dibawah 25 cP.

## 13. Menentukan power pengaduk

Walas, page 292

Operation	HP/1000 gal	Tip Speed (ft/sec)
Blending	0,2-0,5	-
Homogeneous reaction	0,5-1,5	7,5-10
Reaction with heat transfer	1,5-5,0	10-15
Liquid-liquid mixtures	5	15-20
Liquid-gas micxtures	5,0-10	15-20
Slurries	10	-

Dipilih nomor 3 karena terdapat reaksi perpindahan panas.

Table trial N untuk mendapatkan power

V (ft/sec)	N (rps)	Re	Np (Brown F.477)	P (ft.lbf/sec)	P (Hp)	Standar Hp
10	1,60	460.306	7	1.572	2,85	1,54 HP – 4,61 HP
11	1,76	506.337	7	2.093	3,80	1,54 HP – 4,61 HP
12	1,92	552.368	7	2.717	4,94	1,54 HP – 4,61 HP
13	2,08	598.398	7	3.455	6,28	1,54 HP – 4,61 HP
14	2,24	644.429	7	4.315	7,84	1,54 HP – 4,61 HP
15	2,40	690.459	7	5.307	9,65	1,54 HP – 4,61 HP

Pejabaran mencari P berdasarkan N trial yang didapatkan :

Kecepatan linier (N)

$$N = \frac{v}{\pi \cdot Di}$$

$$= 1,60 \text{ rps}$$

Renolds number :

$$N Re = \frac{N \cdot Di^2 \cdot \rho}{\mu}$$

$$N Re = 460.306$$

Berdasarkan figure 477 Brown didapatkan nilai Np sebesar 7, sehingga power dapat dihitung sebagai berikut :

$$Np = \frac{P \times gc}{N^3 \times Di^5 \times \rho}$$

$$P = \frac{Np \times N^3 \times Di^5 \times \rho}{gc}$$

$$P = 1.572 \text{ ft.lbf/sec}$$

$$= 2,86 \text{ Hp}$$

Efisiensi = 80%

Daya penggerak = 3,57 Hp

P (standar) = 5 Hp

#### 14. Perhitungan pendingin

Suhu LMTD

Komponen`	C	K	F
Suhu fluida panas masuk reaktor	92	365	198
Suhu fluida panas keluar reaktor	92	365	198
Suhu fluida dingin masuk	30	303	86
Suhu fluida dingin keluar	45	318	113

	Fluida Panas F	Fluida Dingin F	Delta T, F
KELUAR (Temperatur tinggi)	198	113	85
MASUK (Temperatur rendah)	198	86	112

Menghitung LMTD

$$\Delta LMTD = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}}$$

$$= 97 \text{ F}$$

Nilai UD untuk *heavy organics (hot)* dan air (*cold*) sebesar 5-75 btu/ft<sup>2</sup>.F.jam.

#### 15. Penentuan jenis pendingin

Luas selimut

Diketahui :

$$OD = 72 \text{ in}$$

$$H_s = 107 \text{ in}$$

A = luas selimut reaktor + luas penampang bawah reaktor

$$A = (\pi \cdot Do \cdot H_s) + ((\pi/4) \cdot Do^2)$$

$$A = 197 \text{ ft}^2$$

Dari table 8 Kern page 840, nilai UD untuk hot fluid heavy organic dan cold fluid water adalah 5-75 btu/ft<sup>2</sup>.F.jam.

Dipilih ud = 75 btu/ft<sup>2</sup>.F.jam

Diketahui :

$$Q = 1.306.638 \text{ kj/jam}$$

$$Q = 312.085 \text{ kkal/jam}$$

$$Q = 1.238.453 \text{ btu/jam}$$

$$\Delta LMTD = 97 \text{ F}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas transfer panas (A)} &= \frac{Q}{UD \cdot \Delta LMTD} \\ &= 169 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Jadi kesimpulannya luas perpindahan panas < luas selimut yang tersedia yaitu  $169 \text{ ft}^2 < 197 \text{ ft}^2$ , sehingga jaket pendingin dapat digunakan.

#### 16. Perhitungan jaket pendingin

Reaksi yang terjadi adalah reaksi eksotermis, maka untuk mempertahankan suhu reaksi tetap  $90^\circ\text{C}$  reaktor dilengkapi jaket pendingin.

$$Q \text{ serap} = 1.306.638 \text{ kJ/jam}$$

$$P \text{ air pendingin masuk} = 996 \text{ kg/m}^3$$

$$m \text{ air pendingin} = 20.713 \text{ kg/jam}$$

$$\text{laju alir volumetri} = 21 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\begin{aligned} \text{volume air pendingin (a)} &= F_v \times \text{waktu tinggal} \\ &= 21 \times (4/60) \\ &= 1,39 \text{ m}^3 \\ &= 1.387 \text{ L} \\ &= 49 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Menghitung diameter jaket :

Diketahui,

$$D_o = 6 \text{ ft} = 1,83 \text{ m}$$

$$H_s = 9 \text{ ft}$$

$$V \text{ jaket} = V_2 - V_1$$

$$\begin{aligned} &= \left( \frac{\pi}{4} \times D_j^2 \times H \text{ cairan} \right) + 0,085 \cdot D_j^3 - \left( \frac{\pi}{4} \times D_o^2 \times H \text{ cairan} \right) \\ &\quad + 0,085 \cdot D_j^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume jaket 20\% dari volume pendingin} &= 1,2 \times \text{volume air pendingin} \\ &= 59 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Menentukan diameter jaket dari tinggi jaket :

$$\begin{aligned} \text{Tinggi jaket pendingin 20\% dari tinggi total reaktor} &= 11 \times 1,2 \\ &= 13 \text{ ft} \end{aligned}$$

Diameter jaket pendingin menggunakan trial error dengan diameter jaket sebesar 20% diameter shell tangki

$$\begin{aligned} \text{Diameter trial} &= 6,25 \text{ ft} &= 1,91 \text{ m} \\ &= 7,5 \text{ ft} &= 2,29 \text{ m} \end{aligned}$$

Menghitung tebal jaket :

$$\text{H jaket} = 13 \text{ ft} = 4,04 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{P hidrostatik} &= \frac{H-1}{144} \times \rho_{\text{air}} \\ &= 5,3 \text{ psia} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{P desain} &= \text{P desain reaktor} + \text{P hidrostatik} \\ &= 27 \text{ psia} \end{aligned}$$

$$t = \frac{P \cdot D}{2 f e - 1,2 P} + n C$$

$$\text{F (allowable stress)} : 18.750 \text{ psia}$$

$$\text{E (welded joint)} : 0,85$$

$$\text{C (corrosion allowance)} : 0,125$$

$$\text{D (diameter)} : 90 \text{ in}$$

$$t : 0,201 \text{ in}$$

$$\text{Diambil tebal jaket standar} : 0,250 \text{ in (Brownell table 5.7)}$$

$$\text{Diameter luar jaket} : D1 + 2 \times \text{tebal jaket}$$

$$: 91 \text{ in}$$

$$: 2,3 \text{ m}$$



Perhitungan jaket vessel :

Heat capacity :

Inner pipe (60 C / 140 F)

Komponen	kg/jam	Fraksi Massa (xi)	Cp (J/mol.K)	Cp (kJ/kmol.K)	BM (kg/kmol)	Cp (kJ/kg.K)	Cp camp (kJ/kg.K)
C4H6O2	336	0,067	187.960	188	86,09	2,18	0,145
C4H9OH	1.084	0,215	172.088	172	74,12	2,32	0,499
C8H14O2	3.058	0,606	308.393	308	142	2,17	1,314
H2O	506	0,100	76.675	77	18,02	2,26	0,426
H2SO4	63	0,012	148.428	148	98,08	1,51	0,019
<b>Total</b>	<b>5.046</b>	<b>1</b>	<b>893.543</b>	<b>894</b>			<b>2,404</b>

Anulus (30 C / 86 F)

Komponen	kg/jam	Fraksi Massa (xi)	Cp (J/mol.K)	Cp (kJ/kmol.K)	BM (kg/kmol)	Cp (kJ/kg.K)	Cp camp (kJ/kg.K)
air	20.713	1	76.356	76	18,02	4,23	4,23

Thermal conductivity :

Inner pipe (60 C / 140 F)

Komponen	kg/jam	Fraksi Massa (xi)	k (W/m.K)	k camp (W/m.K)
C4H6O2	336	0,067	0,14	0,009
C4H9OH	1.084	0,219	0,14	0,030
C8H14O2	3.058	0,606	0,12	0,070
H2O	506	0,100	3,26	0,328
H2SO4	63	0,012	2,71	0,034
<b>Total</b>	<b>5.046</b>	<b>1</b>		<b>0,471</b>

Anulus (30 C / 86 F)

Komponen	kg/jam	Fraksi Massa (xi)	k (W/m.K)	k camp (W/m.K)
air	20.713	1	2,97	2,97

Jaket vessel (Kern page 718-719) :

L = 1,99 ft

N = 5.762 rph

$\rho$  = 57 lb/ft<sup>3</sup>

at, T = 60 °C = 194 F

$\mu$  = 2,80 lb/ft.h

$$\begin{aligned}
C_p &= 0,574 \text{ btu/lb.F} \\
k &= 0,272 \text{ but/jam.ft}^2 \cdot (\text{F/ft}) \\
Re_i &= 460.133 \\
J_h &= 16 \\
D_i &= 7,5 \text{ ft}
\end{aligned}$$

$$\frac{h_i D_i}{k} = 0.36 \left( \frac{L^2 N \rho}{\mu} \right)^{3/4} \left( \frac{c \mu}{k} \right)^{1/4} \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14} \quad (20.1)$$

$$\begin{aligned}
h_i &= 163 \text{ but/jam.ft}^2 \cdot \text{F} \\
H_{io} &= ID/OD \cdot h_i \\
&= 162
\end{aligned}$$

Anullus shell (*cold fluid*) :

$$\begin{aligned}
D_2 \text{ (Idj)} &= 7,501 \text{ ft} \\
D_1 \text{ (Odt)} &= 6 \text{ ft} \\
\alpha_a &= \pi/4 (D_2^2 - D_1^2) \\
&= 16 \text{ ft}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Equip diameter} &= D_e = \frac{D_2^2 - D_1^2}{D_1} \\
&= 3,38 \text{ ft}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Mass vel} &= G_a = \frac{W}{\alpha_a} \\
&= 2.870 \text{ lb/jam.ft}^2
\end{aligned}$$

$$At, T = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 86 \text{ F}$$

$$\mu = 2,105 \text{ lb/ft.h}$$

$$\begin{aligned}
Re_a &= \frac{D_e \cdot G_a}{\mu} \\
&= 4.606
\end{aligned}$$

$$j_H = 3,5$$

$$At, T = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 86 \text{ F}$$

$$C_p = 1,012 \text{ btu/lb.F}$$

$$k = 1,72 \text{ btu/jam.ft}^2 \cdot (\text{F/ft})$$

$$\frac{h_o D_o}{k} = 0.36 \left( \frac{L^2 N \rho}{\mu} \right)^{3/4} \left( \frac{c \mu}{k} \right)^{1/4} \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14} \quad (20.1)$$

$$h_o = 61 \text{ btu/jam.ft}^2 \cdot \text{F}$$

Menentukan  $U_d$  actual :

$$R_d = 0,001 \text{ organic}$$

$$hD = 1 / R_d$$

$$= 1.000 \text{ btu/ jam} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{F}$$

$$\frac{1}{U_c} = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_{oi}}$$

$$U_c = \frac{h_i \cdot h_{oi}}{h_i + h_{oi}}$$

$$U_c = 44 \text{ btu/jam/ft}^2 \cdot \text{F}$$

$$U_d = \frac{hD \times U_c}{hD + U_c}$$

$$U_d = 42 \text{ btu/jam/ft}^2 \cdot \text{F}$$

$$R_d = \frac{U_c - U_d}{U_d \times U_c}$$

$$R_d = 0,001$$

17. Neraca panas reaktor :

**Menghitung  $\Delta H_1$  Berasal dari mixer ( arus 3)**

<b>Komponen</b>	<b>Massa Kg/jam</b>	<b>BM (Kg/Kmol)</b>	<b>Mol (Kmol/Jam)</b>	<b>Cp (KJ/(Kmol.K))</b>	<b><math>\Delta H</math> (Kj/Jam)</b>
C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	2.099	86	24	188	307.070
C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	2.602	74	35	172	404.716
C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	146	142	1,023	308	21.142
H <sub>2</sub> O	132	18	7	76	37.614
<b>Total</b>					<b>770.542</b>

**Menghitung  $\Delta H_2$  Berasal dari katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ( arus 4)**

<b>Komponen</b>	<b>Massa Kg/jam</b>	<b>BM (Kg/Kmol)</b>	<b>Mol (Kmol/Jam)</b>	<b>Cp (KJ/(Kmol.K))</b>	<b><math>\Delta H</math> (Kj/Jam)</b>
H <sub>2</sub> O	4,75	18	0,263	77	2.352
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	63	98	0,642	148	6.385
<b>Total</b>					<b>7.737</b>

**Menghitung  $\Delta H_3$  keluar dari reaktor ( arus 5)**

<b>Komponen</b>	<b>Massa Kg/jam</b>	<b>BM (Kg/Kmol)</b>	<b>Mol (Kmol/Jam)</b>	<b>Cp (KJ/(Kmol.K))</b>	<b><math>\Delta H</math> (Kj/Jam)</b>
C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	336	86	4	188	49.131
C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	1.084	74	15	172	168.557
C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	3.058	142	22	308	444.352
H <sub>2</sub> O	506	18	28	77	144.188
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	63	98	0,642	148	6.385
<b>total</b>					<b>812.614</b>

**Menghitung  $\Delta H_R$**

<b>Komponen</b>	<b>Kmol</b>	<b><math>\Delta H_f</math> (kj/Mol)</b>	<b><math>\Delta H_f</math> reaktan (Kj)</b>	<b><math>\Delta H_f</math> produk (Kj)</b>
C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	21	-368	-7.536.238	
C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	21	-274	-5.620.943	
C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	21	-422		-8.643.508
H <sub>2</sub> O	21	-286		-5.854.646
Total			-13.157.181	-14.498.154

$$\Delta H_R = \Delta H_f \text{ produk} - \Delta H_f \text{ Reaktan}$$

Sehingga diperoleh nilai  $\Delta H_R$  sebesar -1.340.973 kj/mol

$$Q = H_{in} - H_{out} + \Delta H_R$$

Maka di peroleh nilai Q pendinginan sebesar 1.306.638 kj/jam

**Media pendingin yang digunakan adalah cooling water dengan suhu masuk (T<sub>in</sub> = 30 C) dan Suhu Keluar (T<sub>out</sub> = 50)**

Cp air pada 30°C =	4,19	KJ/kgK	T <sub>in</sub> =	30	C	303	K
Cp air pada 45°C =	4,2	KJ/kgK	T <sub>out</sub> =	45	C	318	K
			T <sub>ref</sub> =	25	C	298	K

$$\Delta H = C_p \cdot \Delta T$$

Sehingga diperoleh 63 kj/ kg

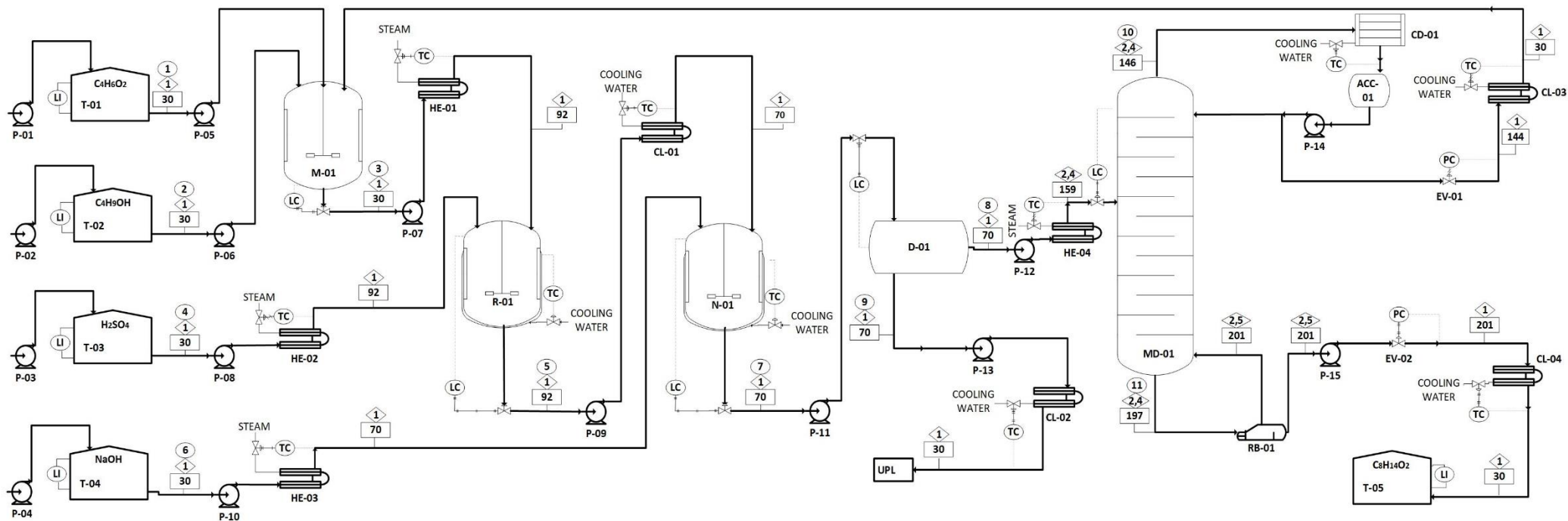
Maka dapat dihitung kebutuhan air pendinginan dengan persamaan :

$$Q = m C_p \Delta T$$

Dan diperoleh kebutuhan air pendinginan sebesar 20.713 kg/jam

<b>Komponen Energi</b>	<b>Masuk(kj/jam)</b>	<b>Keluar(kj/jam)</b>
H in	778.279	-
H out	-	812.614
ΔHR	1.340.973	
Q Pendinginan		1.306.638
<b>Total</b>	<b>2.119.252</b>	<b>2.119.252</b>

## PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRARANCANGAN PABRIK n-BUTIL METAKRILAT DARI ASAM METAKRILAT DAN BUTANOL DENGAN KAPASITAS 23.000 TON/TAHUN



KOMPONEN	NERACA MASSA (KG/JAM)										
	ARUS 1	ARUS 2	ARUS 3	ARUS 4	ARUS 5	ARUS 6	ARUS 7	ARUS 8	ARUS 9	ARUS 10	ARUS 11
C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	2099	0	2099	0	336	0	0	0	0	0	0
C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	0	2309	2602	0	1084	0	1084	1020	63	1019	2
C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	0	0	146	0	3058	0	3058	3055	3	153	2902
H <sub>2</sub> O	21	23	132	5	506	207	807	92	715	92	0
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	0	0	63	63	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	207	0	0	0	0	0
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	91	0	91	0	0
C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> COONa	0	0	0	0	0	0	422	0	422	0	0
TOTAL	2120	2332	4978	68	5046	415	5461	4167	1294	1263	2904

SIMBOL	KETERANGAN
○	ARUS
◇	TEKANAN, ATM
□	SUHU, C
⊖	TEMPERATUR CONTROLLER
⊕	LEVEL CONTROLLER
⊖	LEVEL INDICATOR
⊕	PRESSURE CONTROLLER
⊖	CONTROL VALVE
→	PIPA
—	LISTRIK
→	UDARA TEKAN

ALAT	KETERANGAN
T	TANGKI PENYIMPANAN
M	MIXER
R	REAKTOR
N	NEUTRALIZER
D	DEKANTER
MD	MENARA DISTILASI
CD	KONDENSER
RB	REBOILER
P	POMPA
HE	HEATER
CL	COOLER
EV	EXPANSION VALVE



JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM

**PRARANCANGAN PABRIK n-BUTIL METAKRILAT DARI ASAM METAKRILAT DAN BUTANOL KAPASITAS 23.000 TON/TAHUN**

Dikerjakan oleh :

1. Rr. Puspita Ratna Dewi [ 16521135 ]  
2. Dewi Nofita Sari [ 16521147 ]

Dosen Pembimbing :

1. Dr. Ifa Puspasari, ST., M.Eng.  
2. Tintin Mutiara, ST., M.Eng.