

**PRARANCANGAN PABRIK N-BUTIL METAKRILAT
DARI ASAM METAKRILAT DAN BUTANOL
DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

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



Oleh:

**Nama : Fathul Fauzi A Nama : Nur Farah B O
No. Mahasiswa : 14521021 No.Mahasiswa : 14521290**

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

2018

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRARANCANGAN PABRIK N-BUTIL METAKRILAT DARI ASAM
METAKRILAT DAN BUTANOL DENGAN KAPASITAS 30.000
TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK



Oleh:

Nama : Fathul Fauzi A Nama : Nur Farah B O
No. Mahasiswa : 14521021 No. Mahasiswa : 14521290

Yogyakarta, 14 November 2018

Pembimbing I,



Ir. Drs. Faisal R M, M.T., Ph.D

Pembimbing II



Lilis Kistriyani, S.T., M.Eng.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRARANCANGAN PABRIK N-BUTIL METAKRILAT DARI ASAM METAKRILAT DAN BUTANOL DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Fathul Fauzi Argawira
No. Mahasiswa : 14521021

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

Yogyakarta, 11 Desember 2018

Tim Penguji

Ir. Drs. Faisal R M, M.T., Ph.D
Ketua

Venalitya Alethea Sari Agustia, S.T., M.Eng.
Anggota I

Umi Rofiqah, S.T., M.Eng.
Anggota II



Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia




Suharno Rusdi

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRARANCANGAN PABRIK N-BUTIL METAKRILAT DARI ASAM METAKRILAT DAN BUTANOL DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Nur Farah Bunga Octari

No. Mahasiswa : 14521290

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

Yogyakarta, 11 Desember 2018

Tim Penguji

Ir. Drs. Faisal R M, M.T., Ph.D

Ketua

Dr. Diana, S.T., M.Sc

Anggota I

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

Anggota II

 12/12/2018


Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia




Dr. Suharno Rusdi

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

PERANCANGAN PABRIK

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Fathul Fauzi A Nama : Nur Farah B O
No. Mahasiswa : 14521021 No.Mahasiswa : 14521290

Yogyakarta, 14 November 2018

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

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

Td.Tangan

Fathul Fauzi Argawira

Td.Tangan

Nur Farah Bunga Octari

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr., Wb.

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala karunia dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyusun laporan tugas akhir ini tepat pada waktunya. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang wajib ditempuh untuk menyelesaikan program Sarjana di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulisan laporan tugas akhir ini dapat diselesaikan tidak lepas dari dukungan, bimbingan dan bantuan dari banyak pihak yang sangat berarti bagi penulis. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT karena atas segala kehendak-Nya, penulis diberi kesabaran dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan laporan penelitian ini.
2. Orang tua dan keluarga penulis atas kasih sayang, perhatian, doa serta dukungan moril maupun materil yang tak pernah henti-hentinya diberikan sejauh ini.
3. Bapak Dr. Suharno Rusdi selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Ir. Drs. Faisal R M, M.T.,Ph.D dan Lilis Kistriyani, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing tugas akhir atas penjelasan, bimbingan, bantuan, motivasi dan kesabarannya dalam penyusunan tugas akhir ini.

5. Fathul Fauzi Argawira/Nur Farah Bunga Octari selaku *partner* tugas akhir yang selalu membantu dalam penyusunan tugas akhir tanpa mengenal kata lelah.
6. Teman-teman seperjuangan Teknik Kimia angkatan 2014.
7. Semua pihak yang telah membantu berjalannya penelitian yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Kami menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan laporan tugas akhir ini. Untuk itu, saran dan kritik yang bersifat membangun sangat kami harapkan untuk memperbaiki penulisan di masa yang akan datang. Akhir kata, semoga laporan tugas akhir ini dapat memberi manfaat bagi semua pihak, amin.

Wassalamu 'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, 11 Desember 2018

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tinjauan Pustaka	6
BAB II PERANCANGAN PRODUK.....	10
2.1. Spesifikasi Bahan Baku	10
2.2. Spesifikasi Produk	12
2.3. Pengendalian Kualitas	12
BAB III PERANCANGAN PROSES.....	14
3.1. Uraian Proses.....	14
3.2. Spesifikasi Alat.....	15
3.3. Perencanaan Proses	32
BAB IV PERANCANGAN PABRIK	34
4.1. Lokasi Pabrik.....	34
4.2. Tata Letak Pabrik	37
4.3. Tata Letak Alat Proses	39
4.4. Air Proses dan Material	40
4.5. Perawatan	47
4.6. Pelayanan Teknik (Utilitas).....	48
4.7. Organisasi Perusahaan.....	64
4.8. Evaluasi Ekonomi.....	75

BAB V PENUTUP	93
DAFTAR PUSTAKA	95
LAMPIRAN A	97

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data impor butil metakrilat	3
Tabel 1. 2 Kebutuhan n-butyl metakrilat di regional ASEAN Tahun 2012-2015 .	3
Tabel 1. 3 kapasitas pabrik n-butyl metakrilat	5
Tabel 1. 4 Proses Pembuatan n-Butyl Metakrilat	9
Tabel 3. 1 Spesifikasi <i>plate</i>	20
Tabel 4. 1 Rincian luas tanah bangunan pabrik.....	38
Tabel 4. 2 Neraca massa reaktor alir tangki berpengaduk	41
Tabel 4. 3 Neraca massa reaktor alir tangki berpengaduk	41
Tabel 4. 4 Neraca massa decanter	41
Tabel 4. 5 Neraca massa menara distilasi	42
Tabel 4. 6 Neraca panas reaktor alir tangki berpengaduk	42
Tabel 4. 7 Neraca panas reaktor alir tangki berpengaduk	43
Tabel 4. 8 Neraca panas menara distilasi	43
Tabel 4. 9 Syarat air umpan boiler	50
Tabel 4. 10 Kebutuhan air pembangkit steam.....	55
Tabel 4. 11 Kebutuhan air proses.....	55
Tabel 4. 12 Total kebutuhan air	56
Tabel 4. 13 Kebutuhan listrik alat proses.....	58
Tabel 4. 14 Kebutuhan listrik alat utilitas	59
Tabel 4. 15 Gaji karyawan	72
Tabel 4. 16 Jadwal kerja masing-masing regu	75
Tabel 4. 17 <i>Physical Plant Cost</i>	84
Tabel 4. 18 <i>Direct Plant Cost (DPC)</i>	84
Tabel 4. 19 <i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	85
Tabel 4. 20 <i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	85
Tabel 4. 21 <i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	85
Tabel 4. 22 <i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	86
Tabel 4. 23 <i>Total Manufacturing Cost (MC)</i>	86
Tabel 4. 24 <i>Working Capital (WC)</i>	86
Tabel 4. 25 <i>General Expense (GE)</i>	87
Tabel 4. 26 Total biaya produksi.....	87
Tabel 4. 27 <i>Fixed cost (Fa)</i>	87
Tabel 4. 28 <i>Variable cost (Va)</i>	87
Tabel 4. 29 <i>Regulated cost (Ra)</i>	88
Tabel 4. 30 Rekapitulasi komponen biaya untuk penentuan BEP dan SDP secara grafis.....	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Rumus struktur butil metakrilat	2
Gambar 1. 2 Grafik Impor n-Butil Metakrilat ASEAN Tahun 2012-2015	4
Gambar 4. 1 <i>Lay Out</i> Pabrik	40
Gambar 4. 2 Tata Letak Alat Proses Pabrik n-Butil Metakrilat	40
Gambar 4. 3 Diagram Alir Kualitatif	45
Gambar 4. 4 Diagram Alir Kuantitatif	46
Gambar 4. 5 Diagram Alir Proses Pengolahan Air	63
Gambar 4. 6 Struktur Organisasi Perusahaan	66
Gambar 4. 7 Grafik Hubungan Kapasitas Produksi terhadap BEP dan SDP	92

ABSTRAK

n-Butil Metakrilat digunakan untuk bahan baku dan bahan-bahan pendukung dalam industri kimia seperti cat dan karet. N-Butil Metakrilat ini dibuat dari reaksi Butanol dan Asam Metakrilat dengan bantuan katalis Asam Sulfat yang menggunakan reaksi Esterifikasi. Reaksi beroperasi dalam suhu 95 °C dan tekanan 1 atm dengan konversi 93%. Pabrik ini dibangun untuk menghasilkan n-Butil Metakrilat dengan kapasitas 30.000 ton/tahun. Bahan baku terdiri dari 22.930,77 ton/tahun Butanol dan 19.602,31 ton/tahun Asam Metakrilat dan katalis Asam Sulfat sebanyak 415,26 ton/tahun. Utilitas yang diperlukan adalah 64,86 ton/jam air, 127,66 kW listrik, 0,09285 ton/jam bahan bakar(solar) dan 37,3824 m³/jam udara tekan. Pabrik akan didirikan di kawasan industri Cilegon, Banten pada tahun 2023. Modal tetap pabrik sebesar Rp 31.330.292.972, biaya produksi sebesar Rp 935.261.753.399 per tahun dan hasil penjualan sebesar Rp1.022.394.278.205 per tahun. Pabrik n-butyl metakrilat tergolong pabrik dengan resiko rendah karena kondisi operasi yang rendah dan bahan baku tidak berbahaya. Hasil evaluasi ekonomi dan pabrik ini adalah 16,69 % *Return On Investment* (ROI) setelah pajak (minimal 11%), *Pay Out Time* (POT) sebesar 3,75 tahun setelah pajak (maksimal 5 tahun), *Break Even Point* (BEP) yang diperoleh 51,37 % dan *Shut Down Point* (SDP) yang didapat 33,89 %, serta *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFRR) sebesar 17,24 %. Berdasarkan hasil kelayakan ekonomi tersebut, dapat disimpulkan bahwa pabrik n-Butil Metakrilat layak dibangun.

Kata-kata Kunci : n-Butil Metakrilat, Esterifikasi, Asam Metakrilat, Butanol

ABSTRACT

n-Butyl Methacrylate is used for raw materials and support materials in the chemical industry such as paint and rubber. *n-Butyl Methacrylate* made from the reaction of *Buthanol* and *Methacrylate Acid* with catalyst of *Sulfuric Acid* with uses esterification reaction. Reaction operate at temperature of 95 °C and pressure of 1 atm with conversion of 93%. The plant was built to produce *n-Butyl Methacrylate* with capacity of 30.000 ton/year. The raw materials were 22.930,77 ton/year of *Buthanol*, 19.602,31 ton/year of *Methacrylate Acid* and 415,26 ton/year of catalyst *Sulfuric Acid*. The utilities required are 64,862.68 kg/hr of water, 127.66 kW of electricity, 92.85 kg/hr of coal fuel and 37,3824 m³/hr of air pressure. The plant would be established in the industrial area of Cilegon, Banten by the year 2023. Factory fixed capital amounted to Rp 31.330.292.972, Rp 935.261.753.399 cost of production per year and the proceeds amounting to Rp1.022.394.278.205 per year. The *n-butyl methacrylate* plant is classified as a low risk plant because of its low operating conditions and harmless raw materials. Results of economic evaluation from this plant are 16.69 % of *Return On Investment* (ROI) after taxes (11% minimum), 3.75 years of *Pay Out Time* (POT) after taxes (maximum 5 years). 51.37 % of *Break Even Point* (BEP) and 33.89 % of *Shut Down Point* (SDP) and also 17.24 % of *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFRR). Based on the results of the economic evaluation, it was concluded that *n- Butyl Methacrylate* plant feasible to be built.

Keywords : *n-Butyl Methacrylate*, Esterification, *Methacrylic Acid*, *Buthanol*

BAB I

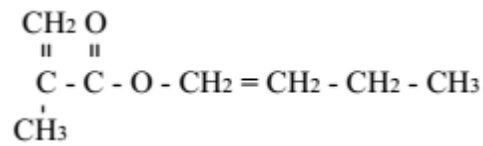
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia sebagai bagian negara-negara di dunia harus siap untuk menghadapi era perdagangan bebas yang sudah dimulai. Indonesia bisa dikatakan masih tertinggal untuk menghadapi era perdagangan bebas tersebut. Kondisi perekonomian Indonesia akhir-akhir ini yang terpuruk merupakan salah satu tanda yang tidak bisa dihindari. Karena itu perlu upaya baru agar Indonesia lebih siap dan bisa bersaing dengan negara lain. Salah satunya dengan pengembangan di bidang industri.

Pembangunan industri sebagai bagian dari usaha pengembangan jangka panjang diarahkan agar mencapai kondisi ekonomi yang lebih kuat, yaitu kondisi di mana ekonomi dengan titik berat industri yang maju. Karena itu, proses pengembangan industri lebih diperhatikan untuk mendukung kemajuan industri sebagai penggerak peningkatan laju ekonomi dan perluasan lapangan kerja.

Dalam dunia industri, banyak sekali produk yang mempunyai prospek bagus seperti n-butil metakrilat. n-butil metakrilat mempunyai rumus molekul $C_8H_{14}O_2$ mempunyai nama IUPAC, di antaranya *2-methyl-2-proponic acid butyl ester*, *butyl 2-methyl-2-propenate*, dan *2-methyl butyl acrylate*. Rumus struktur n-butil metakrilat dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1.Rumus struktur butil metakrilat

Kegunaan produk ini di antaranya sebagai pendispersi pigmen, promotor perekatan, sehingga untuk aplikasinya banyak digunakan di dalam industri pelapisan kulit, pengkilap lantai, lapisan pelindung, bahan perekat dan industri cat. (Kirk & Othmer, 1981).

Pendirian pabrik butil metakrilat ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan n-butil metakrilat di Indonesia yang diharapkan dapat mengurangi kebutuhan impor. Selain itu, hal ini dapat menjadi acuan tumbuhnya industri n-butil metakrilat yang lain untuk meningkatkan kualitas sumber daya manusia. Dipandang dari segi sosial akan dapat memberikan lapangan pekerjaan bagi penduduk serta meningkatkan pendapatan pemerintah suatu daerah.

1.1.1. Kapasitas Pabrik

Tabel 1. 1 Data impor butil metakrilat

No.	Tahun	Data Impor (ton)
1.	2013	3.215,06
2.	2014	3.269,37
3.	2015	2.805,83
4.	2016	3.300,02
5.	2017	3.037,66

(Sumber: BPS, 2013-2017)

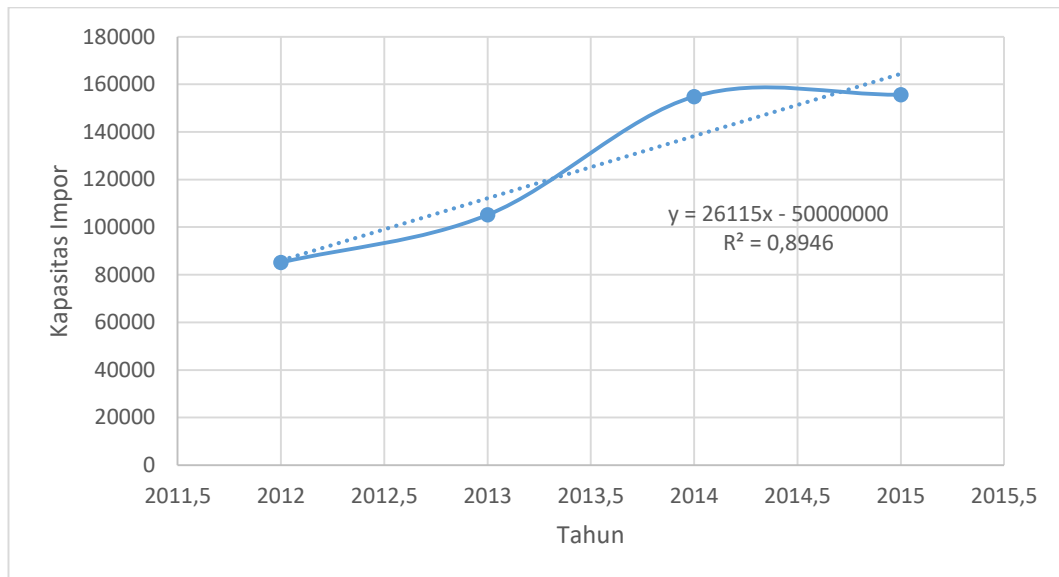
Tabel diatas menunjukkan masih dilakukan impor untuk memenuhi kebutuhan n-butil metakrilat di indonesia. Penentuan kapasitas pabrik dilakukan dengan melihat kebutuhan n-butil metakrilat di regional ASEAN dan pabrik n-butil metakrilat yang sudah berdiri.

Tabel 1. 2 Kebutuhan n-butil metakrilat di regional ASEAN Tahun 2012-2015

Tahun	Jumlah (Ton)
2012	85.152,968
2013	105.140,057
2014	154.853,934
2015	155.631,432

(Sumber : Comtrade, 2012-2015)

Data tersebut merupakan data impor n-butyl metakrilat untuk kebutuhan n-butyl metakrilat secara keseluruhan di Negara-negara ASEAN.



Gambar 1. 2 Grafik Impor n-Butil Metakrilat ASEAN Tahun 2012-2015

Dari kurva tersebut didapatkan persamaan garis lurus $y = 26.115x - 50.000.000$ dengan x sebagai fungsi tahun dan nilai $R^2 = 0,8946$. Maka dari persamaan tersebut dapat dihitung kebutuhan n-butyl metakrilat di regional ASEAN pada tahun 2023 mendatang.

$$y = 26.115x - 50.000.000$$

$$y = 26.115 (2023) - 50.000.000$$

$$y = 2.830.645 \text{ ton/tahun}$$

Maka kebutuhan impor n-butyl metakrilat di ASEAN pada tahun 2023 meningkat menjadi sebesar 2.830.645 ton/tahun.

Dari grafik tersebut terlihat kecenderungan peningkatan kebutuhan impor produk n-butyl metakrilat untuk Negara-negara ASEAN sehingga direncanakan

didirakannya pabrik n-butyl metakrilat di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan tersebut.

Tabel 1. 3 kapasitas pabrik n-butyl metakrilat

Lokasi	Kapasitas, ton/tahun
Chi Mei Corp (Taiwan)	100.000
Sumitomo Chem (Jepang)	75.000
LG MMA (Korea)	22.000
Heilongjiang Longxin (China)	12.000
TPI Polyacrylate (Thailand)	10.000

(Sumber: *Business Development Asia, 1999*)

Kapasitas pabrik yang akan didirikan harus berada di atas kapasitas minimal atau sama dengan kapasitas pabrik yang sedang berjalan. Ketersediaan bahan baku perlu diperhatikan guna menjamin kontinuitas produksi suatu pabrik. Bahan baku pembuatan n-butyl metakrilat terdiri dari asam metakrilat sebanyak 19.602,31 ton/tahun dan butanol sebanyak 22.930,77 ton/tahun. Asam metakrilat diperoleh dari PT. Nippon Shokubai, Cilegon berkapasitas produksi 80.000 ton/tahun dan butanol diperoleh dari PT. Oxo Nusantara, Gresik dengan kapasitas produksi 60.000 ton/tahun. Katalis yang digunakan adalah asam sulfat yang diperoleh dari PT. Indonesia Acid Industry, Jakarta dengan kapasitas 82.500 ton/tahun.

Berdasarkan data kebutuhan dalam negeri serta kapasitas pabrik yang sudah ada maka kapasitas pabrik direncanakan sebesar 30% dari kapasitas terbesar pabrik yang sudah berdiri yaitu sebesar 30.000 ton/tahun dengan

pertimbangan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan sisanya dapat diekspor terutama untuk negara-negara ASEAN diantaranya Malaysia, Singapura, Vietnam, Philipina dan Thailand. yang masih memenuhi kebutuhan produk n-butil metakrilat melalui impor dari negara lain.

1.2. Tinjauan Pustaka

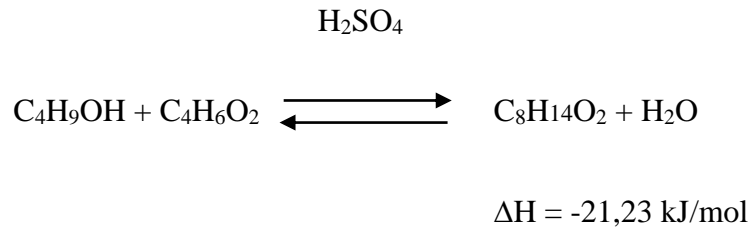
N-Butil Metakrilat yang mempunyai nama kimia *2 – Propeonic acid, 2 methyl, buthyl ester, dan 2-methyl buthyl acrylate*. Merupakan suatu senyawa yang berupa cairan tak bewarna dan tidak berbahaya. Rumus molekulnya adalah $C_8H_{14}O_2$ dengan berat molekul 142 gram/mol (Sakakura, 1995)

n-Butil metakrilat dapat dibuat dengan tiga cara, yaitu dengan bahan baku asam metakrilat dan butanol, dengan bahan baku metakrolein, butanol, dan oksigen, dan dengan bahan baku metil metakrilat dan butanol.

1.1.2. Bahan baku asam metakrilat dan butanol

Senyawa Butil Metakrilat merupakan salah satu ester dari Asam Metakrilat, yang dapat diperoleh dari reaksi esterifikasi antara Asam Metakrilat dengan Butanol. Reaksi esterifikasi ini merupakan reaksi eksotermis. Katalis yang diperlukan dalam reaksi ini adalah katalis asam kuat, seperti asam sulfat, *toluene sulfonic acid, dodecyl benzene sulfonic acid*, ataupun campuran *toluene sulfonic acid* dan *xylene sulfonic acid*.

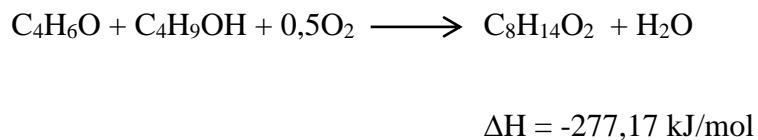
Reaksi esterifikasi Asam Metakrilat dan Butanol adalah sebagai berikut :



Esterifikasi Asam Metakrilat dan Butanol ini berlangsung pada suhu 95° – 120° C, dan tekanan atmosferis. Perbandingan antara Butanol dan Asam Metakrilat adalah 1,1 – 1,5, dengan jumlah katalis berkisar antara 0,5 % - 6 % berat campuran. (US Patent No. 4,698,440).

1.1.3. Bahan baku metakrolein, butanol, dan oksigen

Butil metakrilat disintesis dalam reaktor alir tangki berpengaduk dengan katalis Paladium. Reaksi yang terjadi (Yamaguchi *et al.*, 2000):



Air yang dihasilkan berkompetisi dengan butanol dalam bereaksi dengan metakrolein. Reaksi air dengan metakrolein membentuk asam karboksilat sebagai produk samping. Selain itu produk air dan asam karboksilat mudah teradsorpsi ke permukaan katalis sehingga menurunkan kecepatan reaksi lebih cepat saat konsentrasi air dan asam karboksilat bertambah. Permasalahan di atas ditangani dengan berbagai metode di antaranya dengan menambahkan adsorben ke dalam reaktor untuk menyerap air. Dengan metode ini selektivitas menjadi lebih baik.

Metode yang lain yaitu dengan menambahkan membran di dalam reaktor yang mampu dilewati air, namun tidak bisa ditembus oleh asam, alkohol, maupun ester yang terbentuk. Kondisi operasi reaktor :

Fase : gas-cair

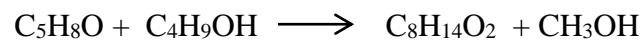
Suhu : 80 °C

Tekanan : 5 atm

Proses ini memiliki kelemahan yaitu harga katalis dan bahan baku metakrolein yang mahal sehingga tidak ekonomis dibandingkan proses lain bila diaplikasikan di industri.

1.1.4. Bahan baku metil metakrilat dan butanol

Metil metakrilat dibuat dengan reaksi transesterifikasi antara metil metakrilat dengan butanol. Reaksi yang terjadi (Strehlke, 1975) :



$$\Delta H = -1,39 \text{ kJ/mol}$$

Reaksi dijalankan dengan bantuan katalis titanium atau zirconium alkoholat. Benzena atau sikloheksan ditambahkan untuk melarutkan metanol yang terbentuk selama reaksi. Perbandingan mol reaktan metil metakrilat dengan butanol masuk reaktor antara 2 : 1 sampai dengan 1,1 : 1. Kadar katalis antara 0,1 sampai dengan 1% berat. Ke dalam reaktor juga ditambahkan karbon aktif untuk menghilangkan warna yang terbentuk selama reaksi. Kadar karbon antara 0,1-0,2% berat. Gas yang mengandung oksigen misalnya udara, dialirkan ke dalam reaktor untuk membawa metanol dan benzena atau sikloheksan sebagai hasil atas.

Suhu reaksi sebaiknya antara 110°C sampai dengan 130°C. Campuran keluar reaktor dihilangkan sisa metil metakrilatnya dengan stripping menggunakan steam. Hasil sampingnya adalah terhidrolisisnya katalis titanium alkoholat menjadi titanium hidroksida. Endapan titanium hidroksida bersama-sama dengan karbon aktif selanjutnya disaring.

Terdapat 3 proses yang bisa digunakan pada pembuatan n-butil metakrilat seperti yang telah dijelaskan diatas, proses yang dapat digunakan ialah esterifikasi asam metakrilat dan butanol, sistesis metakrolein, butanol, dan oksigen , dan transesterifikasi metil metakrilat dan butanol. Untuk mengetahui beberapa perbandingan pada setiap proses tersebut, dapat dilihat pada Tabel 1.4.

Tabel 1. 4 Perbandingan Proses Pembuatan n-Butil Metakrilat

1	Bahan Baku	Asam Metakrilat dan butanol	Metakrolein, butanol dan oksigen	Metil Metakrilat dan butanol
2	Kondisi Operasi	T = 95 °C P = 1 atm Katalis = Asam Sulfat	T = 80 °C P = 5 atm Katalis = Paladium	T = 110-130°C P = 5 atm Katalis = Titanium Alkoholat

Dari ketiga proses diatas dipilih proses dengan bahan baku asam metakrilat dan butanol karena tekanan operasi rendah, katalis lebih murah, dan reaksi cair-cair sehingga penanganan lebih mudah. Dari proses tersebut mempunyai nilai konversi sebesar 93% (Sakakura,1995).

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1. Spesifikasi Bahan Baku

2.1.1. Spesifikasi Bahan Utama

a. Asam Metakrilat

Rumus molekul	: C ₄ H ₆ O ₂
Berat molekul	: 86,09 g/gmol
Kemurnian	: 98%
Titik didih normal	: 161 ⁰ C
Titik beku	: 15 ⁰ C
Densitas	: 1011,5668 kg/cm ³
Temperature kritis	: 361,4 ⁰ C
Tekanan kritis	: 46,38 atm
Viskositas	: 1,4276 cP
Kapasitas panas	: 174,6007 J/mol.K
Wujud	: Cair dan bening

(Yaws,1999)

b. Butanol

Rumus molekul	: C ₄ H ₁₀ O
Berat molekul	: 74,123 g/gmol
Kemurnian	: 99.5%
Titik didih normal	: 117,66 ⁰ C
Titik beku	: -89,3 ⁰ C
Densitas	: 806,1848 kg/cm ³
Temperature kritis	: 289 ⁰ C
Tekanan kritis	: 44,55 atm
Viskositas	: 2,5989 cP
Kapasitas panas	: 160,1207 J/mol.K
Wujud	: Cair tidak berwarna

(Yaws, 1999)

2.1.2. Spesifikasi Bahan Pembantu**Asam sulfat**

Rumus molekul	: H ₂ SO ₄
Berat molekul	: 98,08 g/mol
Kemurnian	: 98,02%
Titik didih	: 270 ⁰ C
Titik lebur	: 10,49 ⁰ C
Temperature kritis	: 651,85 ⁰ C

Densitas	: 1826,9712 kg/m ³
Viskositas	: 19,7 cP
Wujud	: Cair tidak berwarna

(Perry,1999)

2.2. Spesifikasi Produk

n-Butil Metakrilat

Rumus kimia	: C ₈ H ₁₄ O ₂
Berat molekul	: 14,2 g/mol
Kemurnian	: 99%
Densitas	: 896 kg/m ³
Titik didih	: 160-163,5°C
Titik beku	: -60°C
Temperature kritis	: 313,4°C
Tekanan kritis	: 49,05 atm
Wujud	: Cair bening

(Perry, 1984)

2.3. Pengendalian Kualitas

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Tujuan dari pengendalian kualitas bahan baku adalah untuk mengetahui kualitas bahan yang akan digunakan agar sesuai dengan standar dan jumlah produksi yang direncanakan. Jika terdapat kesalahan atau penyimpangan karena bahan baku tidak sesuai kriteria.

2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses

Pengendalian dan pengawasan jalannya produksi dilakukan dengan *Automatic Control* yang di-setting pada nilai tertentu. Beberapa alat kontrol yang digunakan adalah :

a. *Flow control*

Alat yang ditempatkan atau dipasang pada aliran proses. Bila aliran mengalami penyimpangan dari harga yang telah ditentukan, maka akan muncul isyarat yang merupakan perintah untuk mengembalikan ke kondisi semula.

b. *Temperature control*

Jika ada penyimpangan suhu yang telah ditetapkan, maka akan timbul isyarat yang berupa suara, nyala lampu dan lain-lain.

c. *Level control*

Alat yang dipasang pada alat proses yang berfungsi untuk mengontrol ketinggian fluida dalam alat proses (tangki proses). Jika ketinggian fluida di dalam alat proses tidak sesuai dengan dengan harga yang ditentukan, kran akan membuka atau menutup secara otomatis.

d. *Level indicator*

Alat yang dipasang pada tangki penyimpan bahan baku atau produk untuk mendeteksi ketinggian fluida dalam tangki.

2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk

Tujuan dari pengendalian kualitas produk adalah untuk menghasilkan produk yang sesuai dengan spesifikasi ditinjau dari sifat fisik dan kimianya. Tujuan ini tidak terlepas dari pengendalian kualitas bahan baku dan proses. Jika kualitas bahan baku dan proses terkendali dengan baik maka produk yang dihasilkan sesuai spesifikasinya.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1. Uraian Proses

Dalam proses pembuatan n-Butil Metakrilat menggunakan 3 macam bahan baku, yaitu Butanol ($C_4H_{10}O$) sebanyak 2.895,2988 kg/jam, Asam Metakrilat ($C_4H_6O_2$) sebanyak 2.475,0396 kg/jam, dan Asam Sulfat sebagai katalis sebanyak 52,4320 kg/jam. Bahan-bahan tersebut dialirkan dari tangki masing-masing T-101, T-102 dan T-103 menggunakan pompa masing-masing P-101, P-102 dan P-103. Lalu dialirkan menuju pemanas untuk merubah suhu dari $30^{\circ}C$ menjadi $95^{\circ}C$. Setelah bahan baku telah memenuhi kriteria kondisi operasi proses di Reaktor, maka dilanjutkan kedalam Reaktor.

Reaktor yang digunakan adalah Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dengan jumlah reaktor 2 buah. Reaksi dalam reaktor yang terjadi secara eksotermis, maka diperlukan pendingin yang dialirkan dalam koil di reaktor. Reaksi pembentukan n-Butil Metakrilat terjadi di Reaktor (R-101) pada suhu $95^{\circ}C$ dan tekanan 1 atm dengan konversi sebesar 76% dan di lanjutkan reaksi pada Reaktor (R-102) pada kondisi yang sama agar mencapai konversi 93%.

Produk yang keluar dari Reaktor dialirkan melalui Pompa (P-105) ke dalam Heat Exchanger (E-104) untuk didinginkan dari suhu $95^{\circ}C$ menjadi $35^{\circ}C$. Kemudian masuk ke Dekanter (D-101) , selanjutnya hasil bawah Dekanter

dibuang ke Unit Pengolahan Limbah (UPL), sedangkan hasil atas Dekanter di pompa menggunakan (P-106) karena hasil atas Dekanter suhunya lebih rendah, maka dinaikan dengan Heat Exchanger (E-105) hingga $170,5^{\circ}\text{C}$ untuk selanjutnya diumpankan ke Menara Distilasi (T-101) pada suhu $170,5^{\circ}\text{C}$ dan tekanan 2,35 atm. Hasil atas Menara Distilasi (T-101) yang berupa $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ dan $\text{C}_8\text{H}_{14}\text{O}_2$ *direcycle* kedalam Reaktor, hasil atas yang berupa uap di tampung dalam Condensor (E-107) untuk diembunkan kemudian dari (E-107) di tampung di Acumulator (V-101). Kemudian dari (V-101) di pompa menggunakan (P-109) sebagai umpan *recycle*. Hasil bawah Menara Distilasi (T-101) yang berupa $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ dan $\text{C}_8\text{H}_{14}\text{O}_2$, sebagai diupkan di Reboiler (E-106), dimana uapnya di refluk dan cairannya dipompa (E-106) menuju Cooler (E-108) sebelum disimpan di tangki penyimpanan.

3.2. Spesifikasi Alat

3.2.1 Tangki penyimpan Butanol (TK-101)

Fungsi	: Untuk menyimpan bahan baku Butanol	
Kondisi	: $T = 30^{\circ}\text{C}$ $P = 1 \text{ atm}$	
Bahan	: <i>Carbon steel 283 Grade C</i>	
Tipe	: <i>Torispherical</i>	
Waktu penyimpanan	: 7 hari	
Volume tangki	: $589,1144 \text{ m}^3$	
Dimensi tangki	Diameter	9,144 m
	Tinggi	9,144 m
Harga	: \$ 108.172	
Jumlah	: 1	

3.2.2 Tangki penyimpan Asam Metakrilat (TK-102)

Fungsi	: Untuk menyimpan bahan baku Asam Metakrilat
Kondisi	: $T = 30^{\circ}\text{C}$ $P = 1 \text{ atm}$
Bahan	: <i>Stainless steel ASI 304</i>
Tipe	: <i>Torispherical</i>
Waktu penyimpanan	: 7 hari
Volume tangki	: $399,4346 \text{ m}^3$
Dimensi tangki	: Diameter 9,144 m Tinggi 9,144 m
Harga	: \$ 118.006
Jumlah	: 1

3.2.3 Tangki penyimpan Asam Sufat (TK-103)

Fungsi	: Untuk menyimpan bahan baku Asam Sulfat
Kondisi	: $T = 30^{\circ}\text{C}$ $P = 1 \text{ atm}$
Bahan	: <i>Stainless steel ASI 304</i>
Tipe	: <i>Torispherical</i>
Waktu penyimpanan	: 7 hari
Volume tangki	: $4,9349 \text{ m}^3$
Dimensi tangki	: Diameter 3,048 m Tinggi 3,6576 m
Harga	: \$ 18.352
Jumlah	: 1

3.2.4 Tangki penyimpan n-Butil Metakrilat (TK-104)

Fungsi	: Untuk menyimpan produk n-butyl metakrilat
Kondisi	: $T = 25^{\circ}\text{C}$

	$P = 1 \text{ atm}$	
Bahan	: <i>Stainless steel ASI 304</i>	
Tipe	: <i>Torispherical</i>	
Waktu penyimpanan	: 30 hari	
Volume tangki	: 2.955,0853 m ³	
Dimensi tangki	Diameter	18,2880 m
	Tinggi	16,4592 m
Harga	: \$ 158.336	
Jumlah	: 1	

3.2.5 Reaktor (R-101)

Fungsi	: Untuk mereaksikan Butanol dan Asam Metakrilat menjadi produk n-Butil Metakrilat dengan konversi 76%	
Jenis	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)	
Kondisi	T	95 ⁰ C
	P	1 atm
Bahan	: <i>Stainless steel Type SA 176 grade C</i>	
Dimensi Reaktor		
Volume Reaktor	: 18,538 m ³	
Diameter Reaktor	: 2,869 m	
Tinggi Reaktor	: 2,869 m	
Tinggi cairan	: 2,559 m	
Tebal <i>shell</i>	: 0,375 m	
Tebal <i>head</i>	: 0,313 m	
Jenis <i>head</i>	: <i>Thorispherical dished head</i>	
Pengaduk Reaktor		
Jumlah <i>baffle</i>	: 4 buah	
Jumlah <i>blade</i>	: 3 buah	
Jenis Pengaduk	: <i>Marine propeller</i>	
Diameter Impeller	: 0,956 m	

Tinggi Impeller	: 0,574 m
Daya Motor	: 5 HP
Efisiensi putaran	: 3,683 rps
Luas Perpindahan Panas	
A	: 40,645 m ²
Coil (lilitan)	
Diameter Coil	: 2,014 m
Jumlah Coil	: 2
Tinggi Coil Total	: 0,084 m
Harga	: \$124.146
Jumlah	: 1

3.2.6 Reaktor (R-102)

Fungsi	: Untuk mereaksikan Butanol dan Asam Metakrilat menjadi produk n-Butil Metakrilat dengan konversi 93%
Jenis	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Kondisi	: T 95 ⁰ C P 1 atm
Bahan	: <i>Stainless steel Type SA 176 grade C</i>
Dimensi Reaktor	
Volume Reaktor	: 18,538 m ³
Diameter Reaktor	: 2,869 m
Tinggi Reaktor	: 2,869 m
Tinggi cairan	: 2,559 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,375 m
Tebal <i>head</i>	: 0,313 m
Jenis <i>head</i>	: <i>Thorisperical dished head</i>
Pengaduk Reaktor	
Jumlah <i>baffle</i>	: 4 buah
Jumlah <i>blade</i>	: 3 buah

Jenis Pengaduk	: <i>Marine propeller</i>
Diameter Impeller	: 0,956 m
Tinggi Impeller	: 0,574 m
Daya Motor	: 5 HP
Efisiensi putaran	: 3,66 rps
Luas Perpindahan Panas	
A	: 26,311 m ²
Coil (lilitan)	
Diameter Coil	: 2,014 m
Jumlah Coil	: 1
Tinggi Coil Total	: 0,017 m
Harga	: \$124.146
Jumlah	: 1

3.2.7 Decanter (D-101)

Fungsi	: Memisahkan senyawa antara n-Butil Metakrilat dan Butanol dengan Asam Metakrilat, Asam Sulfat, Air
Jenis	: Silinder horizontal
Kondisi	: T 35 ⁰ C P 1 atm
Bahan	: <i>Stainless steel</i>
Volume	: 4,48 m ³
Dimensi tangki	
Diameter	: 1,3 m
Tinggi	: 3,8 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,1875 in
Tebal <i>head</i>	: 0,1875 in
Harga	: \$ 11.246
Jumlah	: 1

3.2.8 Menara Distilasi (T-101)

Fungsi : Memurnikan produk n-butil metakrilat

Jenis Plate : *Sieve Tray*

Kondisi Operasi

- Puncak Menara

Tekanan : 2,18 atm

Suhu : 143,78 °C

- Umpan

Tekanan : 2,35 atm

Suhu : 170,54 °C

- Dasar Menara

Tekanan : 2,52 atm

Suhu : 200,08 °C

Spesifikasi

Diameter Menara : 0,6281 m

Tinggi : 11,1038 m

Tebal *Shell* : 0,005 m

Tebal *Head* : 0,005 m

Tabel 3. 1 Spesifikasi *plate*

	<i>Enriching Section</i>		<i>Stripping Section</i>	
Plate no.	12		17	
Plate ID (Dc)	0,6281	m	0,5419	m
Hole Size (dh)	5	mm	5	mm
Hole <i>Pitch</i>	12,75	mm	12,7	mm
Total no. hole	1263		940	
Active Hole	1263		940	
Blanking Area	0,2849	m ²	0,2121	m ³
Turn Down	80		80	

Lanjutan Tabel 3. 1 Spesifikasi plate

	<i>Enriching Section</i>		<i>Stripping Section</i>	
Plate Material	<i>Carbon Steel</i>		<i>Carbon Steel</i>	
Downcomer Material	<i>Carbon Steel</i>		<i>Carbon Steel</i>	
Plate Spacing	0,3	m	0,3	m
Plate Thickness	5	mm	5	mm
Plate Pressure Drop	94,0766	mm cairan	94,0766	mm cairan

Jenis Head : *Torispherical*

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$ 29.910

3.2.9 Pompa (P-101)

Fungsi : Mengalirkan bahan baku Butanol dari tangki ke Reaktor (R-101)

Jenis : *Centrifugal Pump*

Daya motor : 0,2578 Hp

Schedule : 40

ID : 0,04 m

Harga : \$ 499

Jumlah : 2

3.2.10 Pompa (P-102)

Fungsi : Mengalirkan bahan baku Asam Metakrilat dari tangki ke Reaktor (R-101)

Jenis : *Centrifugal Pump*

Daya motor : 0,2135 Hp

Schedule : 40

ID : 0,04 m

Harga : \$ 427

Jumlah :2

3.2.11 Pompa (P-103)

Fungsi :Mengalirkan bahan baku Asam Sulfat dari tangki ke Reaktor (R-101)

Jenis : *Centrifugal Pump*

Daya motor : 0,0046 Hp

Schedule : 40

ID : 0,007 m

Harga : \$ 34

Jumlah :2

3.2.11 Pompa (P-104)

Fungsi : Mengalirkan hasil Reaktor (R-101) ke Reaktor (R-102)

Jenis : *Centrifugal Pump*

Daya motor : 0,4601 Hp

Schedule : 40

ID : 0,04 m

Harga : \$ 389

Jumlah :2

3.2.12 Pompa (P-105)

Fungsi : Mengalirkan hasil Reaktor (R-102) ke Decanter (D-101)

Jenis : *Centrifugal Pump*

Daya motor : 0,4609 Hp

Schedule : 40

ID : 0,04 m

Harga : \$ 389

Jumlah :2

3.2.13 Pompa (P-106)

Fungsi	: Mengalirkan hasil atas Decanter (D-101) ke UPL
Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>
Daya motor	: 0,6884 Hp
Schedule	: 40
ID	: 0,01
Harga	: \$ 128
Jumlah	:2

3.2.14 Pompa (P-107)

Fungsi	: Mengalirkan hasil bawah Decanter (D-101) ke Menara Distilasi (T-101)
Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>
Daya motor	: 0,0684 Hp
Schedule	: 40
ID	: 0,04 m
Harga	: \$ 707
Jumlah	:2

3.2.15 Pompa (P-108)

Fungsi	: Mengalirkan hasil atas Menara Distilasi (T-101) dari Reboiler ke Tangki n-butyl metakrilat (TK-104)
Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>
Daya motor	: 1,2815 Hp
Schedule	: 40
ID	: 0,04 m
Harga	: \$ 710
Jumlah	:2

3.2.16 Pompa (P-109)

Fungsi	: Mengalirkan hasil atas Menara Distilasi (T-101) ke Reaktor (R-101)
Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>
Daya motor	: 0,178 Hp
Schedule	: 40
ID	: 0,03 m
Harga	: \$ 284
Jumlah	: 2

3.2.17 Heat Exchanger (E-101)

Fungsi	: Memanaskan Butanol dari tangki (TK-101) sebelum masuk Reaktor (R-101)
Jenis	: <i>Double Pipe</i>
Beban panas	: 401.582 Btu/jam
Kebutuhan steam	: 151 kg/jam
T operasi cairan	: 62,5 °C
T operasi pemanas	: 250 °C
Luas transfer panas	: 2,0439 m ²
Dimensi alat	
Dimensi <i>annulus</i>	
IPS	: 0,05 m
ID	: 0,052 m
OD	: 0,060 m
<i>Pressure drop</i>	: 0,0003 atm
Dimensi <i>inner pipe</i>	
IPS	: 0,006 m
ID	: 0,035 m
OD	: 0,042 m
<i>Pressure drop</i>	: 0,0011 atm
Uc	: 11.470 Btu/jam.ft ² .F

Ud	: 58 Btu/jam.ft ² .F
Rd	: 0,017 jam.ft ² .F/Btu
Harga	: \$ 2.209
Jumlah	: 1

3.2.18 Heat Exchanger (E-102)

Fungsi	: Memanaskan Asam Metakrilat dari tangki (TK-102) sebelum masuk Reaktor (R-101)
Jenis	: <i>Double Pipe</i>
Beban panas	: 344.183 Btu/jam
Kebutuhan steam	: 130 kg/jam
T operasi cairan	: 62,5 °C
T operasi pemanas	: 250 °C
Luas transfer panas	: 2,0439 m ²
Dimensi alat	
Dimensi <i>annulus</i>	
IPS	: 0,05 m
ID	: 0,052 m
OD	: 0,06 m
<i>Pressure drop</i>	: 0,0003 atm
Dimensi <i>inner pipe</i>	
IPS	: 0,006 m
ID	: 0,035 m
OD	: 0,042 m
<i>Pressure drop</i>	: 0,0006 atm
Uc	: 8.461 Btu/jam.ft ² .F
Ud	: 50 Btu/jam.ft ² .F
Rd	: 0,0199 jam.ft ² .F/Btu
Harga	: \$ 2.209
Jumlah	: 1

3.2.19 Heat Exchanger (E-103)

Fungsi	: Memanaskan Asam Sulfat dari tangki (TK-103) sebelum masuk Reaktor (R-101)
Jenis	: <i>Double Pipe</i>
Beban panas	: 5.671 Btu/jam
Kebutuhan steam	: 2,1 kg/jam
T operasi cairan	: 62,5 °C
T operasi pemanas	: 250 °C
Luas transfer panas	: 0,0279 m ²
Dimensi alat	
Dimensi <i>annulus</i>	
IPS	: 0,10 m
ID	: 0,10 m
OD	: 0,11 m
<i>Pressure drop</i>	: 0,0052 atm
Dimensi <i>inner pipe</i>	
IPS	: 0,08 m
ID	: 0,08 m
OD	: 0,09 m
<i>Pressure drop</i>	: 0,0382 atm
Uc	: 26.057 Btu/jam.ft ² .F
Ud	: 60 Btu/jam.ft ² .F
Rd	: 0,0166 jam.ft ² .F/Btu
Harga	: \$ 465
Jumlah	: 1

3.2.20 Heat Exchanger (E-104)

Fungsi	: Mendinginkan hasil produk dari Reaktor (R-102) menuju Decanter (D-101)
Jenis	: <i>Shell and tube 1-2</i>

Dimensi *shell*

Diameter dalam	: 0,3871 m
Baffle	: 0,2905 m
Pressure drop	: $6,8046 \times 10^{-6}$ atm

Dimensi tube

Diameter luar	: 0,0254 m
Diameter dalam	: 0,0158 m
Jumlah <i>tube</i>	: 98 buah
Panjang	: 1,4865 m ²
Pitch	: 1 ¼, triangular pitch
Pressure drop	: 0,0174 atm
Luas	: 38,1831 m ²
Uc	: 22.716 Btu/jam.ft ² .F
Ud	: 50 Btu/jam.ft ² .F
Rd	: 0,0199 jam.ft ² .F/Btu
Harga	: \$ 21.693
Jumlah	: 1

3.2.21 Heat Exchanger (E-105)

Fungsi	: Memanaskan produk dari decanter (D-101) menuju Menara Distilasi (T-101)
Jenis	: <i>Double Pipe</i>
Beban panas	: 1.466.078 Btu/jam
Kebutuhan steam	: 552 kg/jam
T operasi cairan	: 100 °C
T operasi pemanas	: 250 °C
Luas transfer panas	: 4,8310 m ²
Dimensi alat	
Dimensi <i>annulus</i>	
IPS	: 0,05 m

ID	: 0,052 m
OD	: 0,06 m
<i>Pressure drop</i>	: 0,0003 atm
<i>Dimensi inner pipe</i>	
IPS	: 0,006 m
ID	: 0,035 m
OD	: 0,042 m
<i>Pressure drop</i>	: 0,0006 atm
Uc	: 60.232 Btu/jam.ft ² .F
Ud	: 149 Btu/jam.ft ² .F
Rd	: 0,0067 jam.ft ² .F/Btu
Harga	: \$ 3.022
Jumlah	: 1

3.2.22 Reboiler (E-106)

Fungsi	: Menguapkan fluida hasil bawah Menara Distilasi (T-101) sebanyak 3793,2837 kg/jam
Jenis	: <i>Double Pipe</i>
Beban Panas	: 815251,9127 Btu/jam
Kebutuhan steam	: 395,147 kg/jam
Luas transfer panas	: 5,2471 m ²
T operasi cairan	: 200,28 °C
T operasi Steam	: 250 °C
<i>Dimensi alat</i>	
<i>Dimensi annulus</i>	
IPS	: 0,0635 m
ID	: 0,0627 m
OD	: 0.0732 m
<i>Pressure drop</i>	: 0,0021 psi

<i>Dimensi inner pipe</i>	
IPS	: 0.0318 m
ID	: 0.0351 m
OD	: 0.0422 m
<i>Pressure drop</i>	: 0,0208 atm
Uc	: 402,8322 Btu/jam.ft ² .F F
Ud	: 170 Btu/jam.ft ² .F
Rd	: 0,0034 jam.ft ² .F/Btu
Harga	: \$ 3.782
Jumlah	: 1

3.2.23 Condenser (E-107)

Fungsi : Mengembunkan fluida sebanyak 911,8288 kg/jam dari hasil atas Menara distilasi (T-101)

Jenis : *Double Pipe*
 Beban Panas 609943,6044 Btu/jam
 Kebutuhan air pendingin : 15.389,7672 kg/jam
 Luas transfer panas : 3,6451 m²
 T operasi cairan : 143,01 °C
 T operasi air pendingin : 35 °C

Dimensi alat

Dimensi annulus

IPS : 0,0508 m
 ID : 0,0525 m
 OD : 0,0605 m
Pressure drop : 0,0797 atm

Dimensi inner pipe

IPS : 0,0381 m

ID	: 0,0409 m
OD	: 0,0483 m
<i>Pressure drop</i>	: 0,1220 atm
Uc	: 106,743 Btu/jam.ft ² .F
Ud	: 80 Btu/jam.ft ² .F
Rd	: 0,0031 jam.ft ² .F/Btu

Harga : \$ 1.823

Jumlah : 1

3.2.24 Heat Exchanger (E-108)

Fungsi : Mendinginkan produk dari Menara Distilasi (T-101) menuju Tangki n-Butil Metakrilat (TK-104)

Jenis : *Double Pipe*

Beban air pendingin : 1.466.078 Btu/jam

Kebutuhan air pendingin : 552 kg/jam

T operasi cairan : 86 °C

T operasi air pendingin : 32,5 °C

Luas transfer panas : 9,6619 m²

Dimensi alat

Dimensi *annulus*

IPS : 0,05 m

ID : 0,052 m

OD : 0,06 m

Pressure drop : 0,0583 atm

Dimensi *inner pipe*

IPS : 0,006 m

ID : 0,035 m

OD : 0,042 m

Pressure drop : 0,0014 atm

Uc : 236.458Btu/jam.ft².F

Ud	: 144 Btu/jam.ft ² .F
Rd	: 0,0069 jam.ft ² .F/Btu
Harga	: \$ 3.952
Jumlah	: 1

3.2.25 Heat Exchanger (E-109)

Fungsi	: Mendinginkan produk dari Menara Distilasi (T-101) menuju Reaktor (R-101) untuk di <i>recycle</i>
Jenis	: <i>Double Pipe</i>
Beban air pendingin	: 98.376 Btu/jam
Kebutuhan air pendingin	: 2.479 kg/jam
T operasi cairan	: 119 °C
T operasi air pendingin	: 35 °C
Luas transfer panas	: 0.8361 m ²
Dimensi alat	
Dimensi <i>annulus</i>	
IPS	: 0,05 m
ID	: 0,052 m
OD	: 0,06 m
<i>Pressure drop</i>	: 0,0025 atm
Dimensi <i>inner pipe</i>	
IPS	: 0,006 m
ID	: 0,035 m
OD	: 0,042 m
<i>Pressure drop</i>	: 0,0001 atm
Uc	: 39.733 Btu/jam.ft ² .F
Ud	: 77 Btu/jam.ft ² .F
Rd	: 0,025 jam.ft ² .F/Btu
Harga	: \$ 1.627
Jumlah	: 1

3.3. Perencanaan Proses

3.3.1. Kapasitas Perancangan

Pemilihan kapasitas perancangan didasarkan pada kapasitas dari pabrik sejenis yang telah berdiri. Kebutuhan akan n-Butil Metakrilat dari tahun ke tahun semakin meningkat, mengingat n-Butil Metakrilat merupakan produk intermediet yang biasa digunakan oleh pabrik-pabrik lain terutama pabrik yang membutuhkan bahan perekat dalam produksi produknya. Produk n-Butil Metakrilat diharapkan dapat memenuhi kebutuhan di dalam maupun diluar negeri.

3.3.2. Perencanaan Bahan Baku dan Alat Proses

Dua hal yang perlu diperhatikan dalam menyusun rencana produksi, yaitu faktor eksternal dan faktor internal. Faktor eksternal adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan, sedangkan faktor internal adalah kemampuan pabrik.

a. Kemampuan pasar

Dibagi menjadi 2 kemungkinan, yaitu :

1. Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal.
2. Kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik.

Oleh karena itu perlu dicari alternatif untuk menyusun rencana produksi, misalnya :

- Rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai kemampuan pasar dengan mempertimbangkan untung dan rugi.

- Rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan tahun berikutnya.
- Mencari daerah pemasaran.

b. Kemampuan pabrik

Secara umum pabrik ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain :

1. Material (bahan baku)

Pemakaian material yang memenuhi kualitas dan kuantitas maka akan tercapai target produksi yang diinginkan.

2. Manusia (tenaga kerja)

Kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian pabrik, untuk itu perlu dilakukan pelatihan atau training pada karyawan agar keterampilannya meningkat.

3. Mesin (peralatan)

Ada dua hal yang mempengaruhi keandalan dan kemampuan mesin, yaitu jam kerja mesin efektif dan kemampuan mesin. Jam kerja efektif adalah kemampuan suatu alat untuk beroperasi pada kapasitas yang diinginkan pada periode tertentu. Kemampuan mesin adalah kemampuan suatu alat dalam proses produksi.

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

Syarat penting untuk memperkirakan biaya secara akurat sebelum mendirikan pabrik dalam suatu perancangan rancangan pabrik diantaranya tata letak peralatan dan fasilitas yang meliputi desain sarana perpipaan, fasilitas bangunan, jenis dan jumlah peralatan dan kelistrikan. Hal ini secara khusus akan memberikan informasi yang dapat diandalkan terhadap biaya bangunan dan tempat sehingga dapat diperoleh perhitungan biaya yang terperinci sebelum pendirian pabrik.

4.1. Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik sangat menentukan kemajuan dan kelangsungan dari industry, baik pada masa sekarang maupun masa yang akan datang. Karena hal ini berpengaruh terhadap factor produksi dan distribusi dari pabrik yang didirikan. Pemilihan lokasi pabrik yang tepat berdasarkan perhitungan biaya produksi dan distribusi yang minimal serta pertimbangan sosiologi dan budaya masyarakat di sekitar lokasi pabrik (Timmerhaus, 2004).

Pabrik n-Butil Metakrilat dengan kapasitas 30.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di Cilegon karena lokasi yang cukup strategis untuk mendirikan pabrik ini serta merupakan daerah kawasan industri. Berdasarkan pertimbangan diatas, maka ditentukan rencana pendirian pabrik n-Butil Metakrilat ini berlokasi di daerah Cilegon, Banten. Faktor-faktor yang menjadi dasar pertimbangan dalam menentukan lokasi pabrik adalah sebagai berikut:

4.1.1. Penyediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku merupakan salah satu variable yang penting dalam pemilihan lokasi suatu pabrik. Pabrik yang didirikan harus mudah diperoleh atau tersedianya sarana transportasi yang memadai. Bahan baku Asam Metakrilat diperoleh dari PT. Nippon Shokubai, Cilegon berkapasitas produksi 80.000 ton/tahun; Butanol dari PT. Oxo Nusantara, Gresik berkapasitas produksi 60.000 ton/tahun dan Asam Sulfat dari PT. Indonesia Acid Industry, Jakarta berkapasitas produksi 82.500 ton/tahun. Daerah Cilegon dekat dengan pelabuhan, sehingga bahan baku tersebut mudah diangkut. Lokasi kawasan industri dekat dengan pelabuhan merak sehingga memudahkan proses import dan ekspor.

4.1.2. Pemasaran Produk

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

4.1.3. Utilitas

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

4.1.4. Transportasi

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

4.1.5. Tenaga Kerja

Tenaga kerja tersebut dapat diperoleh dari daerah sekitar lokasi pabrik dan luar daerah. Tenaga kerja juga merupakan hal yang cukup penting untuk menunjang kelancaran proses produksi. Ketersediaan tenaga kerja yang terampil dan terdidik akan memperlancar jalannya proses produksi. Untuk tenaga kerja yang berkualitas dan berpotensi dipenuhi dari alumni Universitas seluruh Indonesia maupun tenaga asing, sedangkan untuk tenaga operator kebawah dapat dipenuhi dari daerah sekitar.

4.1.6. Keadaan Iklim

Lokasi yang dipilih merupakan lokasi yang cukup stabil karena memiliki iklim rata-rata yang cukup baik. Seperti daerah lain di Indonesia yang beriklim tropis dengan suhu udara berkisar 20 – 35⁰C. Bencana alam seperti gempa bumi, tanah longsor maupun banjir besar jarang terjadi sehingga operasi pabrik dapat berjalan lancar.

4.1.7. Faktor Penunjang Lain

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

Dengan pertimbangan di atas maka dapat disimpulkan bahwa kawasan Cilegon layak dijadikan pabrik n-Butil Metakrilat di Indonesia.

4.2. Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik merupakan bagian dari perancangan pabrik yang berfungsi untuk mengatur susunan letak bangunan untuk daerah proses, area perlengkapan, kantor, gedung, utilitas dan lainnya guna menjamin kelancaran proses produksi dengan baik dan efisien, serta menjaga keamanan dari pabrik tersebut.

Jalannya aliran proses dan aktifitas dari para pekerja yang ada, menjadi dasar pertimbangan dalam pengaturan bangunan-bangunan dalam suatu pabrik sehingga proses dapat berjalan dengan efektif, aman dan kontinyu.

Terdapat beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam menentukan tata letak pabrik, diantaranya:

1. Kemudahan dalam proses dan operasi yang disesuaikan dengan kemudahan dalam memelihara peralatan serta kemudahan mengontrol hasil produksi.
2. Keamanan (*safety*) terutama dari kemungkinan kebakaran dan keselamatan kerja.
3. Adanya kemungkinan perluasan pabrik.

4. Distribusi utilitas yang tepat dan ekonomis.
5. Kebebasan bergerak yang cukup leluasa di antara peralatan proses dan peralatan lainnya yang menyimpan bahan-bahan berbahaya.
6. Penggunaan ruang yang efektif dan ekonomis.
7. Masalah pengolahan limbah pabrik agar tidak mengganggu atau mencemari 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 ²
	M	m	m ²
Kantor utama	25	10	250
PosKeamanan/satpam	3	3	9
Mess	20	10	200
ParkirKaryawan	8	16	128
ParkirTruk	10	18	180
Ruangtimbangtruk	8	8	64
Kantor teknikdanproduksi	12	10	120
Klinik	5	5	25
Masjid	8	8	64
Kantin	8	8	64
Bengkel	12	8	96
Unit pemadamkebakaran	8	5	40
Gudangalat	12	8	96
Laboratorium	8	5	40
Utilitas	14	10	140
Area proses	50	30	1500
Control Room	10	10	100
Control Utilitas	8	8	64
Taman	15	5	75
Perluasanpabrik	50	30	1500
Luas Tanah			4755
LuasBangunan			3180
Total	294	215	4755

4.3. Tata Letak Alat Proses

Faktor-faktor dalam penyusunan tata letak alat proses, yaitu:

4.3.1 Kemudahan Operasi

Ruang gerak pekerja yang leluasa dalam melaksanakan aktifitas produksi tergantung pada tata letak alat, karena jika letak alat yang strategis para pekerja akan dengan mudah mencapai seluruh alat proses dan akan memudahkan operasi.

4.3.2 Kemudahan Pemeliharaan

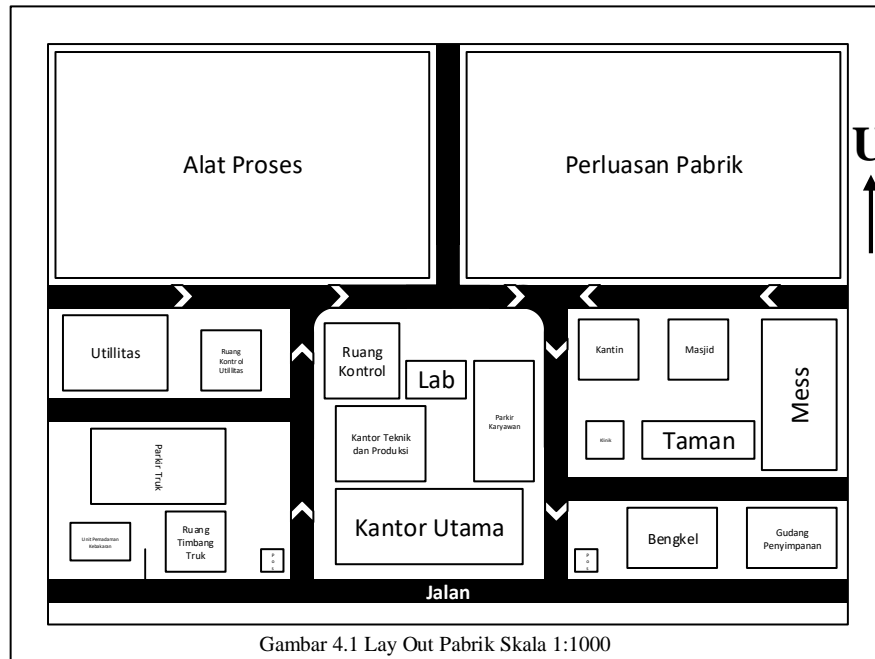
Pemeliharaan alat proses menjadi salah satu hal yang penting. Dengan ditematkannya alat proses pada tempat yang baik akan memberikan ruang gerak yang cukup, sehingga akan lebih mudah untuk memperbaiki alat yang rusak dan melakukan perawatan/pembersihan. Selain itu juga bisa menjadikan alat tersebut bekerja sebagaimana mestinya.

4.3.3 Keamanan

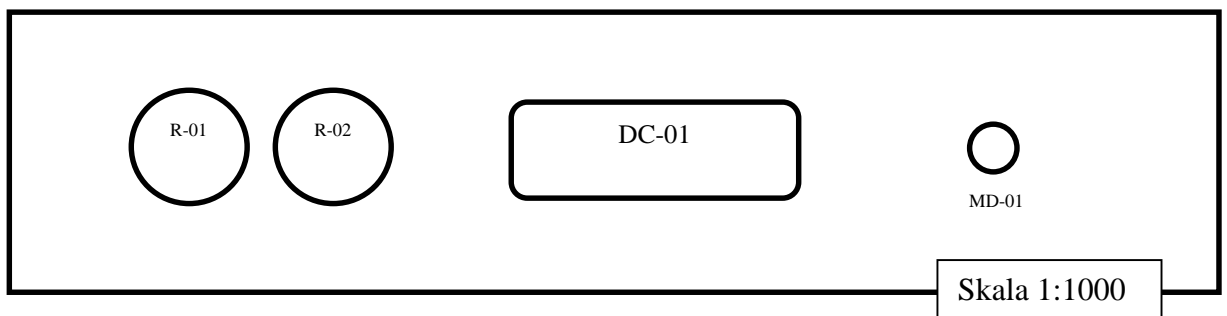
Dengan memisahkan alat proses berdasarkan pada suhu dan tekanan yang tinggi dan melakukan isolasi dengan isolator sehingga tidak membahayakan pekerja serta alat-alat lainnya. Dan penyediaan pintu darurat atau pintu cadangan sangat diperlukan karena sebagai akses para pekerja jika terjadi hal yang membahayakan, sehingga mereka bisa menyelamatkan diri dari hal-hal yang tidak diinginkan.

4.3.4 Pertimbangan Ekonomi

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



Gambar 4. 1 *Lay Out* Pabrik



Gambar 4. 2 Tata Letak Alat Proses Pabrik n-Butil Metakrilat

4.4. Air Proses dan Material

4.4.1 Neraca Massa

1. Reaktor-01

Tabel 4. 2 Neraca massa reaktor alir tangki berpengaduk

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
$C_4H_6O_2$	2.464,512	579,306
$C_4H_{10}O$	2.891,764	1.269,610
H_2O	14,258	408,836
H_2SO_4	42,965	42,965
$C_8H_{14}O_2$	38,227	3.151,009
Total	5.451,726	5.451,726

2. Reaktor-02

Tabel 4. 3 Neraca massa reaktor alir tangki berpengaduk

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
$C_4H_6O_2$	579,306	172,516
$C_4H_{10}O$	1.269,610	919,581
H_2O	408,836	493,978
H_2SO_4	52,236	52,236
$C_8H_{14}O_2$	3.151,009	3.822,686
Total	5.460,997	5.460,997

3. Decanter

Tabel 4. 4 Neraca massa decanter

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Hasil Atas	Hasil Bawah
$C_4H_6O_2$	172,516	0	172,5159
$C_4H_{10}O$	919,581	882,426	37,1548
H_2O	493,978	0	493,9778
H_2SO_4	52,2362	0	52,2362
$C_8H_{14}O_2$	3.822,686	3.822,686	0
Total	5.460,997	5.460,997	

4. Menara Distilasi

Tabel 4. 5 Neraca massa menara distilasi

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Hasil Atas	Hasil Bawah
$C_4H_{10}O$	882,426	873,602	8,8242
$C_8H_{14}O_2$	3.822,686	38,227	3.784,4595
Total	4.705,113	4.705,113	

4.4.2 Neraca panas

1. Reaktor-01

Tabel 4. 6 Neraca panas reaktor alir tangki berpengaduk

Komponen	Q masuk (kJ/jam)	Q keluar (kJ/jam)
Umpan	832.577,0816	

Lanjutan Tabel 4. 6 Neraca panas reaktor alir tangki berpengaduk

Komponen	Q masuk	Q keluar
----------	---------	----------

	(kJ/jam)	(kJ/jam)
Produk		752682,5017
ΔH rekasi	1.515.062,6128	
ΔH pendingin		1.594.957,1928
Total	2.347.639,6945	2.347.639,6945

2. Reaktor-02

Tabel 4. 7 Neraca panas reaktor alir tangki berpengaduk

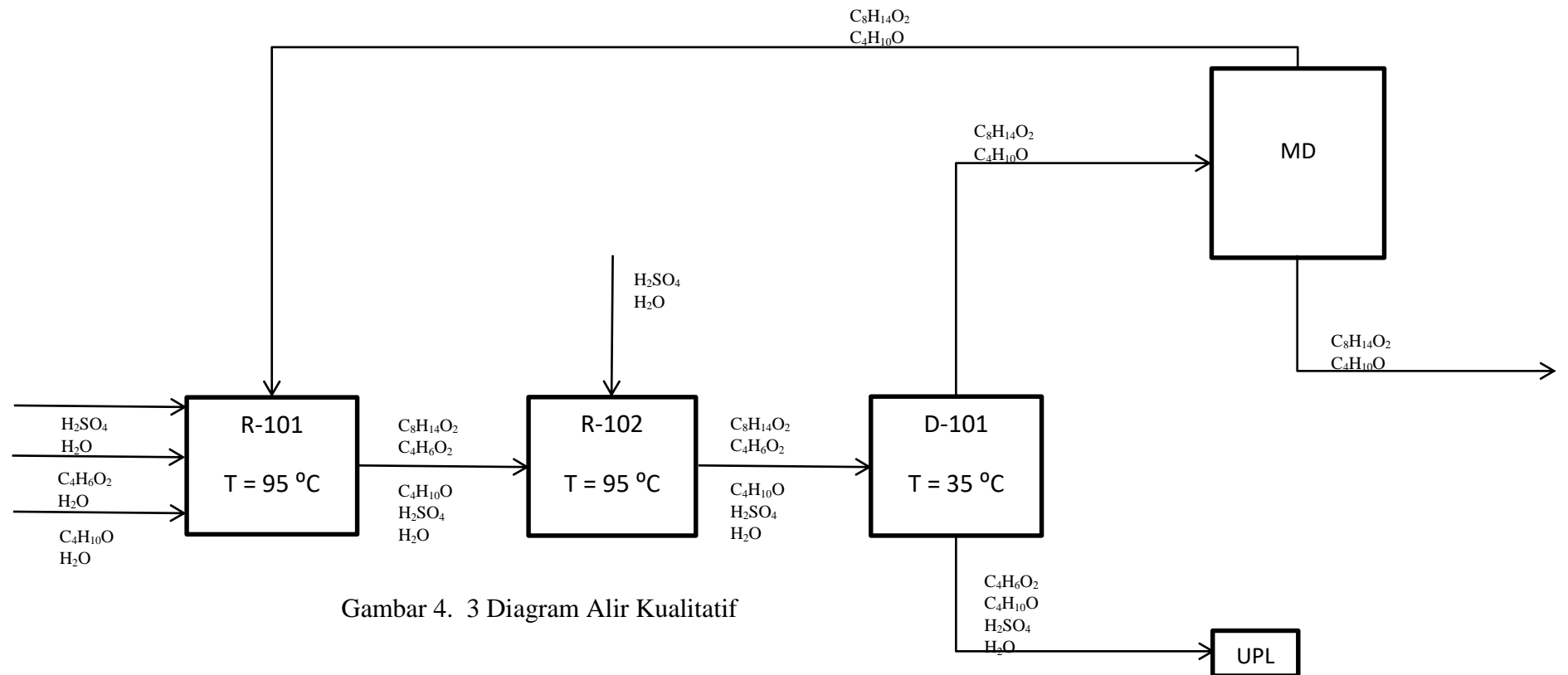
Komponen	Q masuk (kJ/jam)	Q keluar (kJ/jam)
Umpan	873.255,4674	
Produk		881.826,4044
ΔH rekasi	301.110,0499	
ΔH pendingin		292.539,1129
Total	1.174.365,5173	1.174.365,5173

3. Menara Distilasi

Tabel 4. 8 Neraca panas menara distilasi

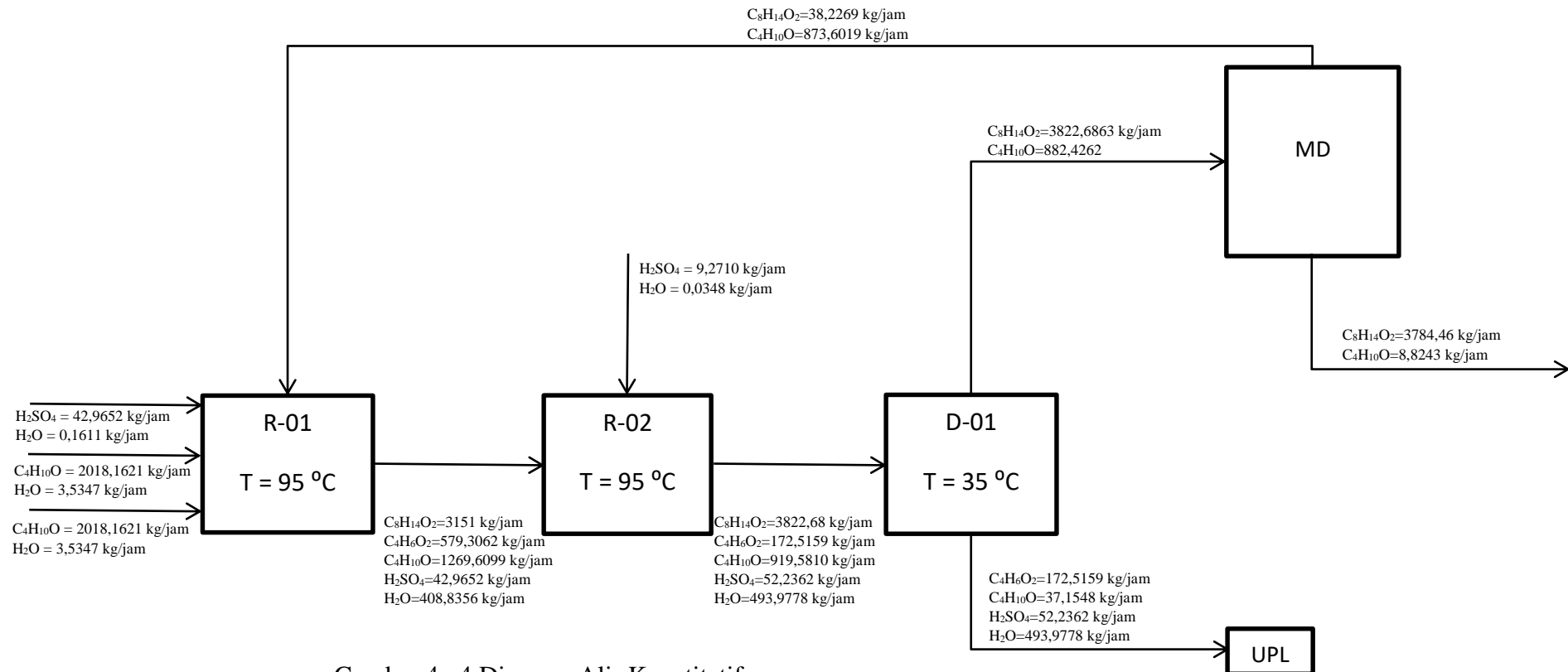
Komponen	Input	Output	
	Feed	Top	Bottom
C4H9OH	303.761,9375	237.154,0571	3.756,9127
C8H14O2	1.225.219,3583	9.687,9319	1.494.994,1538
Jumlah	1.528.981,30	246.841,99	1.498.751,07
		1.745.593,06	
Reboiler	860.136,41	-	
Kondenser	-	643.524,65	
Total	2.389.117,71	2.389.117,71	

4.4.3 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 4. 3 Diagram Alir Kualitatif

4.4.4 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 4. 4 Diagram Alir Kuantitatif

4.5. Perawatan

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

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

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

1. *Overhead* 1 x 1 tahun

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

2. *Repairing*

Merupakan kegiatan maintenance yang bersifat memperbaiki bagian-bagian alat. Hal ini biasanya dilakukan setelah pemeriksaan. Faktor-faktor yang mempengaruhi maintenance:

a. Umur alat

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

b. Bahan baku

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

c. Tenaga manusia

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

4.6. Pelayanan Teknik (Utilitas)

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

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

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

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

4.6.1.1 Unit Penyediaan Air

Untuk memenuhi kebutuhan air suatu pabrik pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut sebagai sumbernya. Dalam perancangan pabrik n-butyl metakrilat ini, sumber air yang digunakan berasal dari air sungai Cidanau dengan debit air 2000-8000 L/detik. Adapun penggunaan air sungai sebagai sumber air dengan pertimbangan sebagai berikut:

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

Air yang diperlukan di lingkungan pabrik digunakan untuk:

1. Air pendingin

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

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

e. Tidak terdekomposisi.

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

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

a. Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi.

Korosi yang terjadi dalam boiler disebabkan air mengandung larutan-larutan asam, gas-gas terlarut seperti O₂, CO₂, H₂S dan NH₃.O₂ masuk karena aerasi maupun kontak dengan udara luar.

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

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

c. Zat yang menyebabkan *foaming*.

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

Tabel 4. 9 Syarat air umpan boiler

Parameter	Total (ppm)
Total padatan (<i>total dissolved solid</i>)	3.500
Alkanitas	700
Padatanterlarut	300
Silika	60 – 100
Besi	0,1
Tembaga	0,5
Oksigen	0,007

Lanjutan Tabel 4. 9 Syarat air umpan boiler

Parameter	Total (ppm)
Kesadahan	0
Kekeruhan	175
Minyak	7
Residufosfat	140

3. Air sanitasi.

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

a. Syarat fisika, meliputi:

- 1) Suhu : Di bawah suhu udara
- 2) Warna : Jernih
- 3) Rasa : Tidak berasa
- 4) Bau : Tidak berbau

b. Syarat kimia, meliputi:

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

4.6.1.2 Unit Pengolahan Air

Tahapan - tahapan pengolahan air adalah sebagai berikut :

1. Clarifier

Kebutuhan air dalam suatu pabrik dapat diambil dari sumber air yang ada di sekitar pabrik dengan mengolah terlebih dahulu agar memenuhi syarat untuk

digunakan. Pengolahan tersebut dapat meliputi pengolahan secara fisika dan kimia, penambahan *desinfektan* maupun dengan penggunaan *ion exchanger*.

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

- a. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, yang berfungsi sebagai flokulan.
- b. Na_2CO_3 , yang berfungsi sebagai flokulan.

Air baku dimasukkan ke dalam *clarifier* untuk mengendapkan lumpur dan partikel padat lainnya, dengan menginjeksikan alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$), koagulan acid sebagai pembantu pembentukan flok dan NaOH sebagai pengatur pH. Air baku ini dimasukkan melalui bagian tengah *clarifier* dan diaduk dengan agitator. Air bersih keluar dari pinggir *clarifier* secara *overflow*, sedangkan *sludge* (flok) yang terbentuk akan mengendap secara gravitasi dan di *blowdown* secara berkala dalam waktu yang telah ditentukan. Air baku yang mempunyai *turbidity* sekitar 42 ppm diharapkan setelah keluar *clarifier* *turbidity*-nya akan turun menjadi lebih kecil dari 10 ppm.

2. Penyaringan

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

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

3. Demineralisasi

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

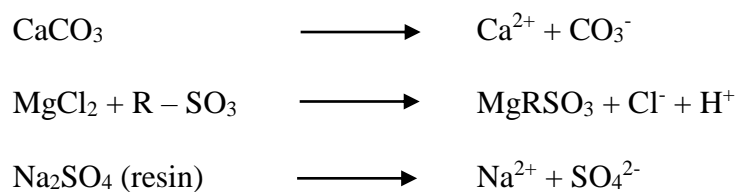
Adapun tahap-tahap proses pengolahan air untuk umpan ketel adalah sebagai berikut:

a. *Cation Exchanger*

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

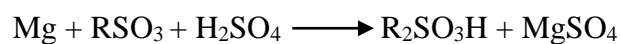
Sehingga air yang keluar dari *cation tower* adalah air yang mengandung anion dan ion H^+ .

Reaksi:



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

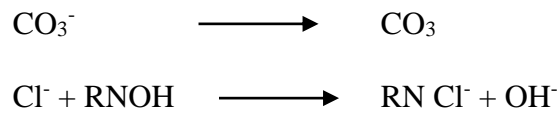
Reaksi:



b. *Anion Exchanger*

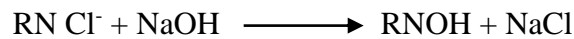
Anion exchanger berfungsi untuk mengikat ion-ion negatif (anion) yang terlarut dalam air, dengan resin yang bersifat basa, sehingga anion-anion seperti CO_3^{2-} , Cl^- dan SO_4^{2-} akan membantu garam resin tersebut.

Reaksi:



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

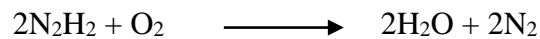
Reaksi:



c. *Deaerasi*

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

Reaksi:



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

4.6.1.3 Kebutuhan Air

1. Kebutuhan air pembangkit steam

Tabel 4. 10 Kebutuhan air pembangkit steam

NamaAlat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Reboiler	E-106	395,1468
Heater	E-101	151,2372
Heater	E-102	129,6207
Heater	E-103	2,1355
Heater	E-105	552,1307
Total		2263,975

$$\text{Blowdown 15\%} = 15\% \times 2716,7698 \text{ kg/jam}$$

$$= 407,5155 \text{ kg/jam}$$

2. Kebutuhan air proses

Tabel 4. 11 Kebutuhan air proses

NamaAlat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Condenser	E-107	15.389,7673
Cooler	E-104	18.129,6187
Cooler	E-109	2.479,4162
Cooler	E-106	14.672,9579
Total		50.671,7601

Perancangan dibuat *over design* sebesar 20%, maka kebutuhan air proses sebesar 60806,1121 kg/jam

3. Total kebutuhan air

a. Kebutuhan air domestic

Dianggap 1 orang membutuhkan air = 4,2626 kg/jam (Sularso,2000),

Jumlah karyawan = 145 orang. Sehingga kebutuhan air karyawan

yaitu sebesar 679,8831 kg/jam. Pabrik merencanakan mendirikan mess sebanyak 10 rumah dan perkiraan kebutuhan air untuk mess sebesar 1666,6667 kg/jam. Sehingga kebutuhan air domestik yaitu sebesar 2929,8831 kg/jam.

b. Kebutuhan air *service water*

Perkiraan kebutuhan air untuk pemakaian layanan umum (*service water*) sebesar 1000 kg/jam.

Tabel 4. 12 Total kebutuhan air

No	Keperluan	Jumlah (kg/jam)
1	Process Water	60.806,1121
2	Steam	543,3540
3	Domestik Water	2.929,8831
4	Service Water	583,3333
Total		64.862,6825

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

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

Kapasitas : 1476,3251 kg/jam

Jenis : *Fire Tube Boiler*

Jumlah : 1 buah

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

Air dari *water treatment plant* yang akan digunakan sebagai umpan *boiler* terlebih dahulu diatur kadar silika, O₂, Ca dan Mg yang mungkin masih terikut dengan jalan menambahkan bahan - bahan kimia ke dalam *boiler feed water tank*. Selain itu juga perlu diatur pHnya yaitu sekitar 10,5 – 11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi korosivitasnya tinggi.

Sebelum masuk ke *boiler*, umpan dimasukkan dahulu ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran minyak residu yang keluar dari *boiler*. Di dalam alat ini air dinaikkan temperaturnya hingga 150°C, kemudian diumpankan ke *boiler*.

Di dalam *boiler*, api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa - pipa api. Gas sisa pembakaran ini masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air di dalam *boiler* menyerap panas dari dinding - dinding dan pipa - pipa api maka air menjadi mendidih. Uap air yang terbentuk terkumpul sampai mencapai tekanan 10 bar, baru kemudian dialirkan ke *steam header* untuk didistribusikan ke area-area proses.

4.6.3 Unit Pembangkit Listrik(*Power Plant System*)

Kebutuhan listrik diperoleh dari dua sumber yaitu Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan generator. Generator berfungsi sebagai tenaga cadangan ketika PLN terjadi gangguan dan untuk menggerakkan alat - alat seperti *boiler*, pengaduk reaktor, dan sejumlah pompa.

Generator menggunakan solar dan udara yang di tekan untuk menghasilkan panas. Panas yang dihasilkan digunakan untuk memutar poros

engkol sehingga generator dapat menghasilkan energi listrik. Listrik tersebut didistribusi menggunakan panel. Energi listrik dari generator digunakan sebagai sumber listrik utama untuk penerangan dan menggerakkan alat proses ketika listrik padam.

Berikut adalah spesifikasi generator yang digunakan:

Kapasitas : 100 kW

Jenis : AC Generator

Jumlah : 1

a. Kebutuhan listrik proses

- Peralatan Proses

Tabel 4. 13 Kebutuhan listrik alat proses

Alat	KodeAlat	Daya	
		Hp	Watt
Pompa	P-101	0,2578	192,2398
Pompa	P-102	0,2135	159,1765
Pompa	P-103	0,0046	3,4513
Pompa	P-104	0,4601	343,0830
Pompa	P-105	0,4609	343,6968
Pompa	P-106	0,0684	51,0086
Pompa	P-107	0,6884	513,3269
Pompa	P-108	1,2815	955,5800

Lanjutan Tabel 4. 13 Kebutuhan listrik alat proses

Alat	Kode alat	Daya	
		Hp	Kw
Pompa	P-109	0,1780	132,7473
Total		0,9360	2.694,3102

- Peralatan Utilitas

Tabel 4. 14 Kebutuhan listrik alat utilitas

Alat	KodeAlat	Daya	
		Hp	Watt
BakPenggumpal (KoagulasidanFlokulasi)		2,0000	1491,4000
Blower Cooling Tower		5,0000	3728,5000
Kompresor		5,0000	3728,5000
Pompa-01	PU-101	2,3133	1725,0292
Pompa-02	PU-102	2,3133	1725,0292
Pompa-03	PU-103	2,2178	1653,8074
Pompa-04	PU-104	2,2178	1653,8074
Pompa-05	PU-105	2,3799	1774,6546
Pompa-06	PU-106	2,2013	1641,4755
Pompa-07	PU-107	0,2551	190,2340
Pompa-08	PU-108	0,2551	190,2340
Pompa-09	PU-109	0,2551	190,2340
Pompa-10	PU-110	0,0505	37,6209
Pompa-11	PU-111	0,0505	37,6209
Pompa-12	PU-112	2,0383	1519,9379
Pompa-13	PU-113	2,0383	1519,9379
Pompa-14	PU-114	2,0383	1519,9379
Pompa-15	PU-115	0,0002	0,1252
Pompa-16	PU-116	0,0505	37,6209
Pompa-17	PU-117	0,0002	0,1252
Pompa-18	PU-118	0,0474	35,3557
Pompa-19	PU-119	0,000001	0,0010
Pompa-20	PU-120	0,0464	34,5869
Total		32,7689	24.435,7754

Total kebutuhan listrik alat proses adalah sebesar 188,3323 kW

Total kebutuhan listrik untuk alat utilitas adalah sebesar 24,4358 kW

Total kebutuhan listrik proses dan utilitas adalah sebesar 212,7681 kW

b. Kebutuhan listrik alat lainnya

- Kebutuhan listrik alat kontrol dan penerangan adalah 5% dari kebutuhan listrik alat proses dan utilitas yaitu sebesar 21,2768 kW
- Kebutuhan listrik laboratorium, bengkel dan instrumentasi adalah 25% dari kebutuhan listrik alat proses dan utilitas yaitu sebesar 106,3840 kW

Total kebutuhan listrik pabrik n-butyl metakrilat ini adalah sebesar 127,6608 kW.

Beban listrik dari generator adalah sebesar 500 kW dengan faktor daya 80%.

4.6.4 Unit Penyediaan Udara Tekan

Udara tekan diperlukan untuk pemakaian alat *pneumatic control*. Total kebutuhan udara tekan diperkirakan 37,3824 m³/jam.

4.6.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Bahan bakar digunakan untuk keperluan pembakaran pada boiler dan diesel untuk generator pembangkit listrik. Bahan bakar boiler menggunakan solar sebanyak 83,0225 kg/jam. Bahan bakar diesel menggunakan solar sebanyak 9,8325 kg/jam. Total kebutuhan bahan bakar sebesar 92,8551 kg/jam.

4.6.6 Unit Pengolahan Limbah

Limbah yang dihasilkan oleh pabrik n-butyl metakrilat adalah berupa limbah cair. Limbah cair yang dihasilkan pabrik n-butyl metakrilat ini berupa cairan yang terdiri dari campuran air dan pengotor lainnya. Cairan tersebut mengandung senyawa butanol, asam sulfat, asam metakrilat dan air yang larut.

Sebelum limbah cair dibuang, dilakukan beberapa *treatment*. Berikut adalah uraian dari *treatment* yang digunakan:

- *Pre-Treatment*

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

- *Treatment Pertama*

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

- *Treatment Kedua*

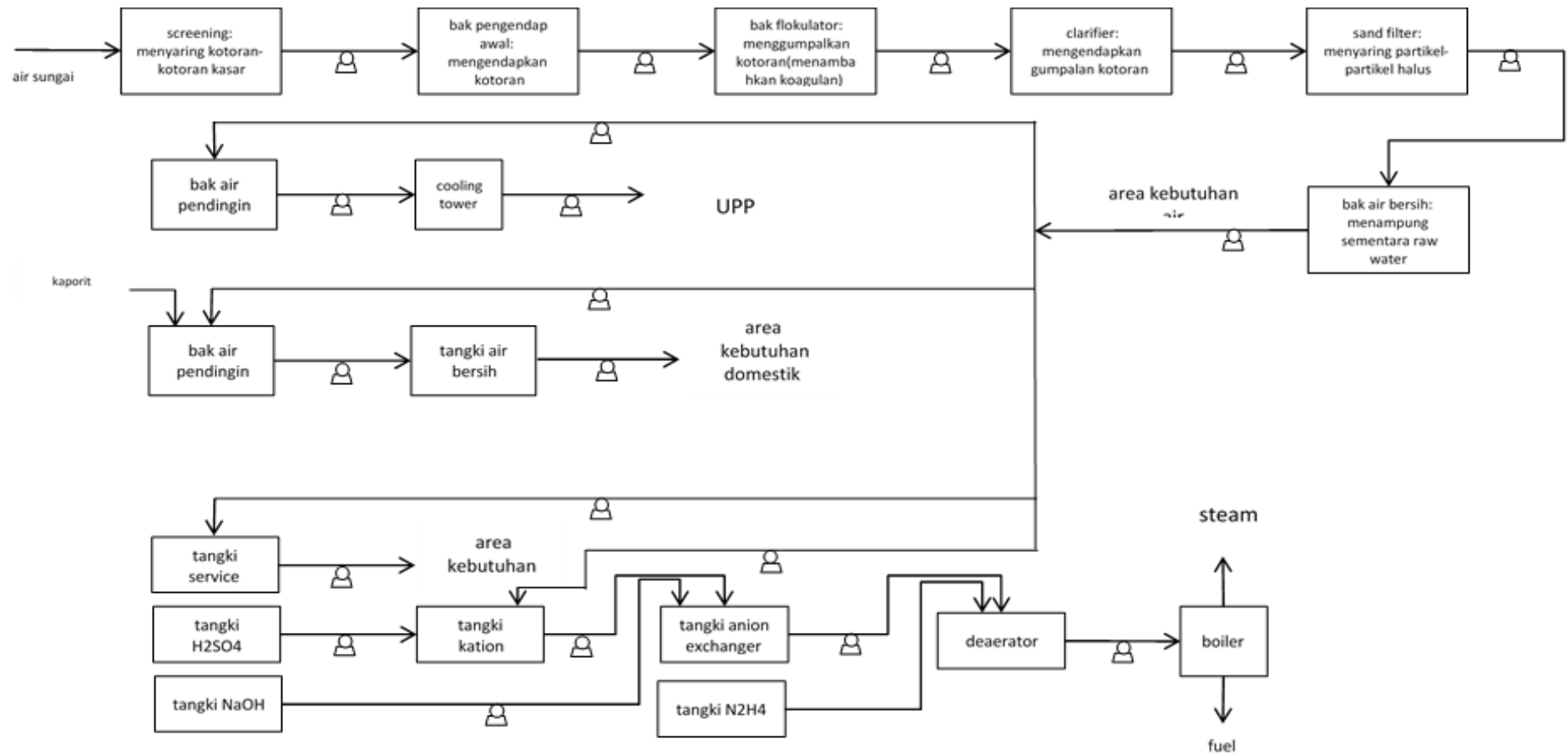
Treatment kedua dilakukan jika limbah cair memiliki pH tidaknetral. Proses penetralan dilakukan dengan cara menambahkan senyawa kimia yang dapat menetralkan atau dengan menambahkan air pada limbah cair tersebut.

- *Treatment Ketiga*

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

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

4.6.7 Diagram Alir Proses Pengolahan Air



Gambar 4. 5 Diagram Alir Proses Pengolahan Air

4.7. Organisasi Perusahaan

4.7.1 Bentuk Perusahaan

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

Dasar-dasar pertimbangan pemilihan bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT) adalah sebagai berikut:

- a. Kontinuitas perusahaan sebagai badan hukum lebih terjamin, sebab tidak bergantung pada pemegang saham yang dimana pemegang saham dapat berganti-ganti,
- b. Mudah memindahkan hak pemilik dengan menjual saham kepada orang lain,
- c. Mudah mendapatkan modal, yaitu dari bank maupun dengan menjual saham,
- d. Tanggung jawab yang terbatas dari pemegang saham terhadap hutang perusahaan.

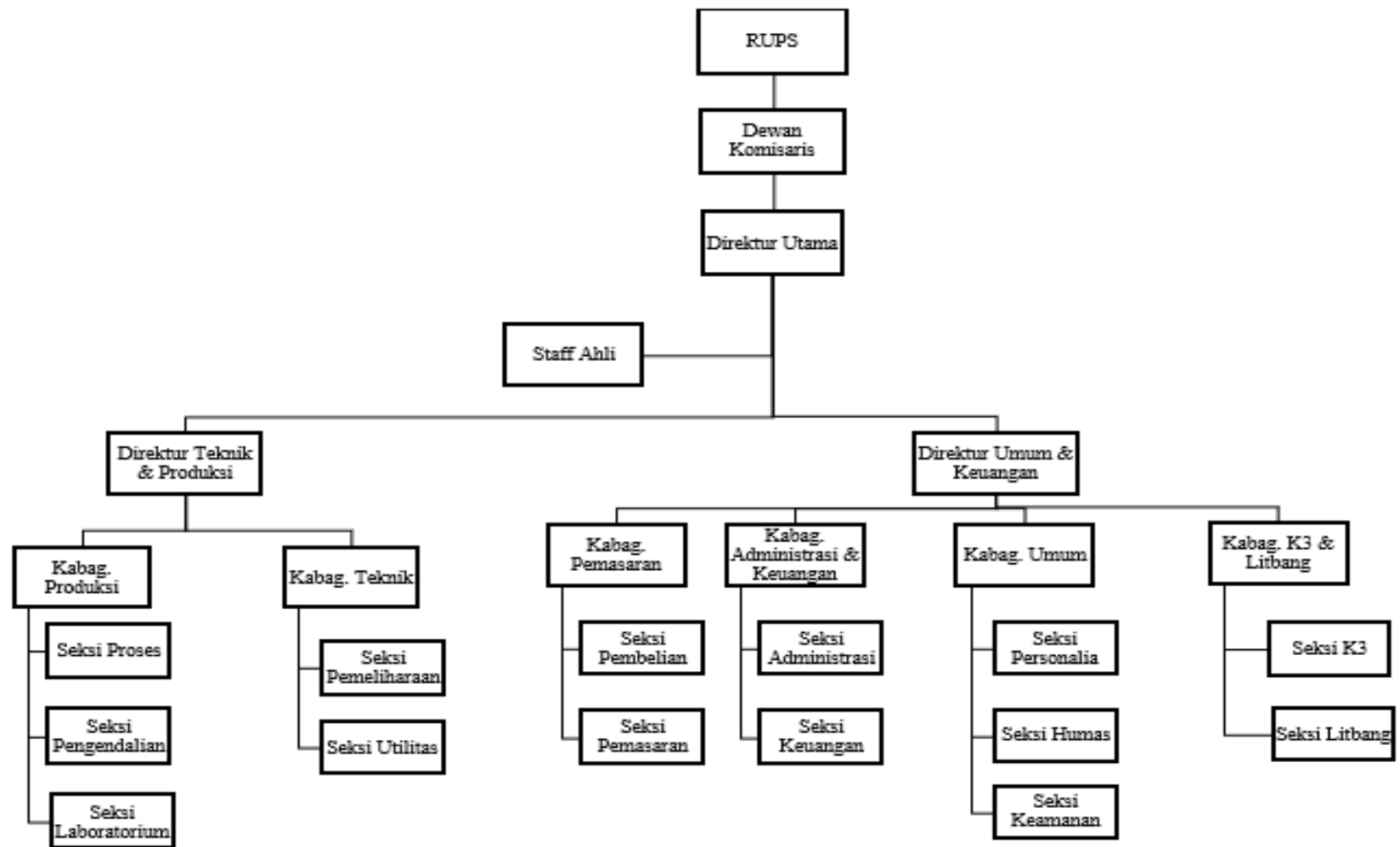
4.7.2 Struktur Organisasi

Dalam rangka menjalankan suatu proses pabrik dengan baik dalam hal ini di suatu perusahaan, diperlukan suatu manajemen atau organisasi yang memiliki pembagian tugas dan wewenang yang baik. Struktur organisasi yang tersusun rapi

dan terorganisasi dengan baik akan berpengaruh pada setiap proses di pabrik sehingga dapat berjalan dengan lancar serta pembagian tugas dan wewenang dari karyawan dapat dilaksanakan dengan baik. Struktur organisasi dari suatu perusahaan dapat bermacam-macam sesuai dengan bentuk dan kebutuhan dari masing-masing perusahaan. Jenjang dan jabatan kepemimpinan dalam perusahaan ini adalah sebagai berikut:

1. Pemegang saham
2. Dewan komisaris
3. Direktur Utama
4. Direktur
5. Kepala Bagian
6. Kepala Seksi
7. Karyawan dan Operator

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



Gambar 4.6 Struktur organisasi perusahaan

4.7.3 Tugas dan Wewenang

4.7.3.1 Pemegang Saham

Pemegang saham (pemilik perusahaan) adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk perseroan terbatas adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). RUPS dilakukan minimal satu kali dalam setahun demi mengontrol dan mengevaluasi kelancaran proses produksi. Bila ada sesuatu hal, RUPS dapat dilakukan secara mendadak sesuai dengan jumlah forum. RUPS dihadiri oleh pemilik saham dan Dewan Komisaris.

Pada rapat umum tersebut para pemegang saham:

- a. Meminta pertanggung jawaban Dewan Komisaris,
- b. Dengan musyawarah mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris dan Direktur serta mengesahkan anggota pemegang saham apabila mengundurkan diri,
- c. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan,
- d. Menetapkan besar laba tahunan yang diperoleh untuk dibagikan, disimpan, atau ditanamkan kembali.

4.7.3.2 Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan pelaksana dari para pemilik saham, sehingga dewan komisaris akan bertanggung jawab terhadap pemilik saham.

Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi :

- a. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijaksanaan umum, target laba perusahaan, alokasi sumber-sumber dana dan pengarahannya
- b. Melaksanakan pembinaan dan pengawasan terhadap seluruh kegiatan dan pelaksanaan tugas direktur,
- c. Membantu direktur utama dalam hal-hal penting

4.7.3.3 Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya dalam hal kelancaran perusahaan sesuai dengan apa yang telah ditargetkan dalam RUPS. Direktur Utama bertanggung jawab pada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan. Adapun tugas-tugas Direktur Utama adalah:

- a. Memimpin dan membina perusahaan secara efektif dan efisien,
- b. Menyusun dan melaksanakan kebijaksanaan umum pabrik sesuai dengan kebijaksanaan RUPS,
- c. Mengadakan kerjasama dengan pihak luar demi kepentingan perusahaan,
- d. Mewakili perusahaan dalam mengadakan hubungan maupun perjanjian-perjanjian dengan pihak ketiga,
- e. Merencanakan dan mengawasi pelaksanaan tugas setiap personalia yang bekerja pada perusahaan

Dalam melaksanakan tugasnya, Direktur Utama dibantu oleh Direktur Produksi dan Teknik, serta Direktur Keuangan dan Umum.

Berikut tugas-tugasnya adalah:

1. Direktur Teknik dan Produksi

Direktur Teknik dan Produksi bertanggung jawab langsung kepada Direktur Utama. Tugasnya adalah memimpin segala pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang produksi, operasi, teknik, utilitas, pengembangan, pemeliharaan peralatan, pengadaan, dan laboratorium.

Direktur Teknik dan Produksi dibantu oleh dua Kepala Bagian, yaitu:

a. Kepala Bagian Produksi

Kepala Bagian Produksi bertanggung jawab langsung kepada Direktur Teknik dan Produksi. Tugasnya adalah mengkoordinasi segala pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang produksi, proses, pengendalian dan laboratorium. Dalam menjalankan tugasnya, Kepala Bagian Produksi dibantu oleh tiga Seksi, yaitu Seksi Proses, Seksi Pengendalian dan Seksi Laboratorium.

b. Kepala Bagian Teknik

Kepala Bagian Teknik bertanggung jawab langsung kepada Direktur Teknik dan Produksi. Tugasnya adalah mengkoordinasi segala pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang teknik, pemeliharaan, dan utilitas. Dalam menjalankan tugasnya, Kepala Bagian Produksi dibantu oleh dua Seksi, yaitu Seksi Pemeliharaan dan Seksi utilitas.

2. Direktur Keuangan dan Umum

Direktur Keuangan dan Umum bertanggung jawab langsung kepada Direktur Utama. Tugasnya memimpin segala pelaksanaan kegiatan pabrik yang

berhubungan dengan bidang administrasi, personalia, keuangan, pemasaran, humas, keamanan, dan keselamatan kerja.

3. Direktur Keuangan dan Umum dibantu oleh empat Kepala Bagian, yaitu:

a. Kepala Bagian Pemasaran

Kepala Bagian Pemasaran bertanggung jawab langsung kepada Direktur Keuangan dan Umum. Tugasnya adalah mengkoordinasi segala pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang pembelian bahan baku dan pemasaran produk. Dalam menjalankan tugasnya, Kepala Bagian Pemasaran dibantu oleh dua Seksi, yaitu Seksi Pembelian dan Seksi Pemasaran.

b. Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan

Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan bertanggung jawab langsung kepada Direktur Keuangan dan Umum. Tugasnya adalah mengkoordinasi segala pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang administrasi dan keuangan. Dalam menjalankan tugasnya, Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan dibantu oleh dua Seksi, yaitu Seksi Administrasi dan Seksi Keuangan.

c. Kepala Bagian Umum

Kepala Bagian Umum bertanggung jawab langsung kepada Direktur Keuangan dan Umum. Tugasnya adalah mengkoordinasi segala pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang personalia, humas dan keamanan. Dalam menjalankan tugasnya, Kepala Bagian

Umum dibantu oleh tiga Seksi, yaitu Seksi Personalia, Seksi Humas dan Seksi Keamanan.

d. Kepala Bagian K3 dan Litbang

Kepala Bagian K3 dan Litbang bertanggung jawab langsung kepada Direktur Keuangan dan Umum. Tugasnya adalah mengkoordinasi segala pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang K3, dan Litbang. Dalam menjalankan tugasnya, Kepala Bagian K3 dan Litbang dibantu oleh dua Seksi, yaitu Seksi K3 dan Seksi Litbang.

4.7.3.4 Staff Ahli

Staff Ahli bertugas memberi masukan, baik berupa saran, nasihat, dan pandangan terhadap segala aspek operasional perusahaan

4.7.4 Catatan

4.7.4.1 Cuti Tahunan

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

4.7.4.2 Hari Libur Nasional

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

4.7.4.3 Kerja Lembur (*Overtime*)

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

4.7.4.4 Sistem Gaji Karyawan

Tabel 4. 15 Gaji karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji	Gaji	Gaji
			(/orang/bulan)	(/bulan)	(/tahun)
1	DirekturUtama	1	Rp45.000.000	Rp45.000.000	Rp540.000.000
2	DirekturProduksi&Teknik	1	Rp35.000.000	Rp35.000.000	Rp420.000.000
3	DirekturKeuangan&Umum	1	Rp35.000.000	Rp35.000.000	Rp420.000.000
4	Staff Ahli	1	Rp40.000.000	Rp40.000.000	Rp480.000.000
5	Ka. Bag. Produksi	1	Rp30.000.000	Rp30.000.000	Rp360.000.000
6	Ka. Bag. Teknik	1	Rp30.000.000	Rp30.000.000	Rp360.000.000
7	Ka. Bag. Pemasaran	1	Rp 25.000.000	Rp25.000.000	Rp300.000.000
8	Ka. Bag. Keuangandanadministrasi	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000	Rp300.000.000
9	Ka. Bag. Umum	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000	Rp300.000.000
10	Ka. Bag. K3 &Litbang	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000	Rp300.000.000
11	Ka. Sek. Proses	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000	Rp300.000.000
12	Ka. Sek. Pengendalian	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000	Rp300.000.000
13	Ka. Sek. Laboratorium	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000	Rp300.000.000
14	Ka. Sek. Pemeliharaan	1	Rp 25.000.000	Rp25.000.000	Rp300.000.000
15	Ka. Sek. Utilitas	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000	Rp300.000.000
16	Ka. Sek. Pembelian	1	Rp20.000.000	Rp20.000.000	Rp240.000.000
17	Ka. Sek. Pemasaran	1	Rp20.000.000	Rp20.000.000	Rp240.000.000
18	Ka. Sek. Administrasi	1	Rp20.000.000	Rp20.000.000	Rp240.000.000
19	Ka. Sek. Kas	1	Rp20.000.000	Rp20.000.000	Rp240.000.000
20	Ka. Sek. Personalia	1	Rp 20.000.000	Rp20.000.000	Rp240.000.000
21	Ka. Sek. Humas	1	Rp 20.000.000	Rp20.000.000	Rp240.000.000
22	Ka. Sek. Keamanan	1	Rp20.000.000	Rp20.000.000	Rp240.000.000
23	Ka. Sek. K3	1	Rp20.000.000	Rp20.000.000	Rp240.000.000
24	Ka. Sek. Litbang	1	Rp20.000.000	Rp20.000.000	Rp240.000.000
25	Karyawan Proses	8	Rp10.000.000	Rp80.000.000	Rp960.000.000
26	KaryawanPengendalian	5	Rp10.000.000	Rp50.000.000	Rp600.000.000
27	KaryawanLaboratorium	4	Rp 9.000.000	Rp36.000.000	Rp432.000.000
28	KaryawanPemeliharaan	6	Rp9.000.000	Rp54.000.000	Rp648.000.000

Lanjutan Tabel 4. 15 Gaji karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji	Gaji	Gaji
			(/orang/bulan)	(/bulan)	(/tahun)
29	KaryawanUtilitas	8	Rp9.000.000	Rp72.000.000	Rp864.000.000
30	KaryawanPembelian	4	Rp8.000.000	Rp32.000.000	Rp384.000.000
31	KaryawanPemasaran	4	Rp 8.000.000	Rp32.000.000	Rp384.000.000
32	KaryawanAdministrasi	3	Rp 8.000.000	Rp24.000.000	Rp288.000.000
33	KaryawanKas	3	Rp8.000.000	Rp24.000.000	Rp288.000.000
34	KaryawanPersonalia	3	Rp 8.000.000	Rp24.000.000	Rp288.000.000
35	KaryawanHumas	3	Rp8.000.000	Rp24.000.000	Rp288.000.000
36	KaryawanKeamanan	6	Rp8.000.000	Rp48.000.000	Rp576.000.000
37	Karyawan K3	5	Rp8.000.000	Rp40.000.000	Rp480.000.000
38	KaryawanLitbang	3	Rp8.000.000	Rp24.000.000	Rp288.000.000
39	Operator	40	Rp7.000.000	Rp280.000.000	Rp3.360.000.000
40	Supir	4	Rp 4.000.000	Rp16.000.000	Rp192.000.000
41	Librarian	1	Rp3.650.000	Rp3.650.000	Rp43.800.000
42	Cleaning service	5	Rp3.650.000	Rp18.250.000	Rp219.000.000
43	Dokter	2	Rp9.500.000	Rp19.000.000	Rp228.000.000
44	Perawat	4	Rp5.500.000	Rp22.000.000	Rp264.000.000
Total		145	Rp772.300.000	Rp1.542.900.000	Rp18.514.800.000

4.7.4.5 Jam Kerja Karyawan

Pabrik n-Butil Metakrilat akan beroperasi selama 24 jam dalam sehari dan 330 hari dalam setahun. Berdasarkan jam kerjanya, karyawan perusahaan dapat digolongkan menjadi 2 golongan karyawan *non-shift* (harian) dan karyawan *shift*. Karyawan *non shift* adalah karyawan yang berada di kantor dan bekerja 5 hari dalam 1 minggu. Sedangkan karyawan *shift* adalah karyawan yang bertugas secara langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu di pabrik yang berhubungan dengan keamanan dan kelancaran produksi. Para karyawan *shift* akan bekerja bergantian sehari semalam.

a. Jam kerja karyawan *non-shift*

Senin – Kamis:

Jam Kerja : 07.00 – 12.00 dan 13.00 – 16.00

Istirahat : 12.00 – 13.00

Jumat:

Jam Kerja : 07.00 – 11.30 dan 13.30 – 17.00

Istirahat : 11.30 – 13.30

Hari Sabtu dan Minggu libur

b. Jam kerja karyawan *shift*

Jadwal kerja karyawan *shift* dibagi menjadi:

- Shift Pagi : 07.00 – 15.00

- Shift Sore : 15.00 – 23.00

- Shift Malam : 23.00 – 07.00

Karyawan *shift* ini dibagi menjadi 4 regu, yaitu 3 regu bekerja dan 1 regu istirahat yang dilakukan secara bergantian. Setiap regu mendapatkan giliran 9 hari kerja dan 3 hari libur untuk setiap *shift* dan masuk lagi untuk *shift* berikutnya. Untuk hari libur atau hari besar yang ditetapkan oleh pemerintah, regu yang bertugas tetap masuk. Jadwal kerja masing-masing regu disajikan dalam Tabel 4.6 sebagai berikut:

Tabel 4. 16 Jadwal kerja masing-masing regu

Hari	<i>Shift Pagi</i>	<i>Shift Sore</i>	<i>Shift Malam</i>	Libur
Senin	A	B	C	D
Selasa	D	A	B	C
Rabu	C	D	A	B
Kamis	B	C	D	A
Jum'at	A	B	C	D
Sabtu	D	A	B	C
Minggu	C	D	A	B

4.8. Evaluasi Ekonomi

Dalam pra rancangan pabrik diperlukan Analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu Analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan dan layak atau tidaknya untuk didirikan. Dalam evaluasi ekonomi in faktor – faktor yang ditinjau adalah:

- a. *Return On Investment (ROI)*
- b. *Pay Out Time (POT)*
- c. *Discounted Cash Flow*
- d. *Break Event Point (BEP)*
- e. *Shut Down Point (SDP)*

Sebelum dilakukan Analisa terhadap kelima faktor tersebut, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap beberapa hal sebagai berikut:

1. Penentuan modal industri (*Total Capital Investment*)

Meliputi:

- a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
- b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)

2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*)

Meliputi:

- a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
- b. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)

3. Pendapatan modal

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap:

- a. Biaya tetap (*Fixed Cost*)
- b. Biaya variabel (*Variable Cost*)
- c. Biaya tak pasti/mengambang (*Regulated Cost*)

4.8.1 Penaksiran Harga Peralatan

Harga peralatan akan berubah setiap saat tergantung pada kondisi ekonomi yang mempengaruhinya. Untuk mengetahui harga peralatan diperlukan metode atau cara untuk memperkirakan harga alat tertentu dan perlu diketahui terlebih dahulu harga indeks peralatan operasi pada tahun tersebut.

Pabrik n-butyl metakrilat ini beroperasi selama satu tahun produksi yaitu 330 hari dan tahun evaluasi pada tahun 2023. Di dalam analisa ekonomi harga –

harga alat maupun harga – harga lainnya diperhitungkan pada tahun analisa. Untuk mencari harga pada tahun analisa, maka dicari indeks pada tahun analisa.

Harga indeks tahun 2023 diperkirakan secara garis besar dengan data indeks dari tahun 2006 sampai tahun 2014, dicari dengan persamaan regresi linier.

Dengan menggunakan persamaan regresi linier dapat dicari harga indeks pada tahun perancangan, dalam hal ini pada tahun 2023 yaitu sebesar 669,6663. Harga – harga alat lainnya diperhitungkan pada tahun evaluasi. Selain itu, harga alat dan lainnya ditentukan juga dari referensi buku Peters & Timmerhaus pada tahun 1990 dan Aries Newton pada tahun 1955. Maka harga alat pada tahun evaluasi dapat dicari dengan persamaan:

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

Dalam hubungan ini:

Ex : Harga pembelian pada tahun 2023

Ey : Harga pembelian pada tahun referensi (1990)

Nx : Indeks harga pada tahun 2023

Ny : Indeks harga pada tahun referensi (1990)

4.8.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas produksi	= 30.000 ton/tahun
Satu tahun produksi	= 330 hari
Umur pabrik	= 10 tahun
Pabrik didirikan pada tahun	= 2023
Kurs mata uang	= 1 US\$ = Rp 15.125

Harga bahan baku	
Asam Metakrilat	= Rp 296.484.987.819/tahun
Butanol	= Rp 277.462.270.572/tahun
Asam Sulfat	= Rp 2.826.373.454/tahun
Harga bahan pembantu	
Asam Sulfat	= Rp 2.826.373.454/tahun
Harga jual	= Rp 1.022.394.278.205/tahun

4.8.3 Perhitungan Biaya

4.8.3.1 *Capital Investment*

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

Capital *investment* terdiri dari:

a. *Fixed Capital Investment*

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

b. *Working Capital Investment*

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

4.8.3.2 *Manufacturing Cost*

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

Menurut Aries & Newton (Tabel 23), *Manufacturing Cost* meliputi:

a. *Direct Cost*

Direct Cost adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

b. *Indirect Cost*

Indirect Cost adalah pengeluaran–pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.

c. *Fixed Cost*

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

4.8.3.3 *General Expense*

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

4.8.4 **Analisa Kelayakan**

Studi kelayakan dari pabrik n-Butil Metakrilat dari propilen ini dapat dilihat dari parameter – parameter ekonomi. Pabrik ini dikategorikan sebagai pabrik dengan resiko rendah (*low risk*) dengan pertimbangan bahwa pabrik n-

Butil Metakrilat belum ada di Indonesia. Selain itu tekanan yang digunakan relatif rendah dengan tekanan maksimum yang ada di pabrik ini sebesar 2,52 atm. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan adalah:

4.8.4.1 Percent Return On Investment (ROI)

Return OnInvestment digunakan sebagai sebuah pertimbangan penting karena ROI menunjukkan seberapa cepat pengembalian investasi berdasarkan pada keuntungan.

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

Keuntungan atau profit dihitung berdasarkan *annual sales* (Sa) dan *total manufacturing cost*. *Finance* akan dihitung sebagai komponen yang berisikan pengembalian utang selama pembangunan pabrik. *Finance* akan berkontribusi terhadap *cash flow* dari pabrik ini. Pabrik dengan resiko rendah mempunyai nilai minimum ROI *before tax* sebesar 11%, sedangkan pabrik dengan resiko tinggi mempunyai nilai minimum ROI *before tax* sebesar 44%.

4.8.4.2 Pay Out Time (POT)

Pay OutTime (POT) adalah:

- a. Jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *Capital Investment* dengan *profit* sebelum dikurangi depresiasi.

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

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

4.8.4.3 Break Even Point (BEP)

Break Even Point (BEP) adalah:

- a. Titik impas produksi (suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian).
- b. Titik yang menunjukkan pada tingkat berapa biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan BEP kita dapat menentukan harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga serta unit penjualan yang harus dicapai agar mendapat keuntungan.
- c. Kapasitas produksi pada saat *sales* sama dengan *total cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi dibawah BEP dan akan untung jika beroperasi diatas BEP.
- d. Nilai BEP pada umumnya memiliki nilai berkisar 40% - 60%.

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

Dalam hal ini:

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

4.8.4.4 Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point (SDP) adalah:

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

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

4.8.4.5 Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFRR)

Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFRR) adalah:

- a. Analisa kelayakan ekonomi dengan menggunakan DCFRR dibuat dengan menggunakan nilai uang yang berubah terhadap waktu dan dirasakan atau investasi yang tidak kembali pada akhir tahun selama umur pabrik.
- b. Laju bunga maksimal dimana suatu proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.
- c. Merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik.
- d. Asumsi yang digunakan dalam perhitungan DCFRR adalah
 - Umur ekonomis pabrik yaitu 10 tahun
 - *Annual profit* dan *taxes* konstan setiap tahun
 - Depresiasi sama setiap tahun

Persamaan untuk menentukan DCFRR :

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

Dimana:

FC : *Fixed capital*

WC : *Working capital*

SV : *Salvage value*

C : *Cash flow*

: *profit after taxes + depresiasi + finance*

n : Umur pabrik = 10 tahun

I : Nilai DCFR

4.8.5 Hasil Perhitungan

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

Tabel 4. 17 *Physical Plant Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	HargaAlat	47.739.195.889	3.156.311
2	Biaya Pengangkutan	11.934.798.972	789.078
3	Biaya Pemasangan	7.934.175.449	524.574
4	Biaya Pemipaan	11.282.823.590	745.972
5	Biaya Instrumentasi	11.960.443.995	790.773
6	Biaya Isolasi	1.851.373.361	122.405
7	Biaya Listrik	4.773.919.589	315.631
8	Biaya bangunan	15.900.000.000	1.051.240
9	Biaya tanah	47.550.000.000	3.143.802
<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>		183.218.087.557	12.113.593

Tabel 4. 18 *Direct Plant Cost (DPC)*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Construction Cost</i> (25%.PEC)	45.804.521.889	3.028.398
	Total (DPC + PPC)	229.022.609.446	15.141.991

Tabel 4. 19 *Fixed Capital Investment (FCI)*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Direct Plant Cost (DPC)</i>	229.022.609.446	15.141.991
2	<i>Contractors fee (4%.DPC)</i>	9.160.904.378	605.680
3	<i>Contigency(10%.DPC)</i>	22.902.260.945	1.514.199
	Total	261.085.774.768	17.261.869

Tabel 4. 20 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	576.773.631.846	38.133.794
2	<i>Labor</i>	18.514.800.000	1.224.119
3	<i>Supervisor</i>	2.777.220.000	183.618
4	<i>Maintenance</i>	52.217.154.954	3.452.374
5	<i>Plant Suplies</i>	7.832.573.243	517.856
6	<i>Royalt and Patent</i>	10.223.942.782	675.963
7	<i>BahanUtilitas</i>	12.311.590.554	813.990
	Total	680.650.913.380	45.001.713

Tabel 4. 21 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	2.777.220.000	183.618
2	<i>Laboratory</i>	1.851.480.000	122.412
3	<i>Plant Overhead</i>	9.257.400.000	612.060
4	<i>Packaging n Shipping</i>	102.239.427.821	6.759.632
	Total IMC	116.125.527.821	7.677.721

Tabel 4. 22 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	Depresiasi (10% FCI)	26.108.577.477	2.837.889
2.	<i>Propertay tax</i> (1% FCI)	2.610.857.748	283.789
3.	Asuransi (1% FCI)	2.610.857.748	172.619
	Total	31.330.292.972	2.071.424

Tabel 4. 23 *Total Manufacturing Cost (MC)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Direct Manufacturing Cost</i>	680.650.913.380	45.001.713
2.	<i>Indirect Manufacturing Cost</i>	116.125.527.821	7.677.721
3.	<i>Fixed Manufacturing Cost</i>	31.330.292.972	2.071.424
	Total	828.106.734.172	54.750.859

Tabel 4. 24 *Working Capital (WC)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Raw Material Inventory</i>	12.234.592.191	808.899
2.	<i>Inproses Inventory</i>	1.254.707.173	82.956
3.	<i>Product Inventory</i>	17.565.900.422	1.161.382
4.	<i>Extended credit</i>	21.687.151.356	1.433.861
5.	<i>Available cash</i>	75.282.430.379	4.977.351
	Total	128.024.781.521	8.464.448

Tabel 4. 25 *General Expense (GE)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	Administrasi (3% MC)	24.843.202.025	1.642.526
2.	<i>Sales expense</i> (5% MC)	41.405.336.709	2.737.543
3.	<i>Research</i> (4% MC)	33.124.269.367	2.190.034
4.	<i>Finance</i> (2% MC)	7.782.211.126	514.526
	Total	107.155.019.226	7.084.629

Tabel 4. 26 Total biaya produksi

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Manufacturing Cost</i>	828.106.734.172	54.750.859
2.	<i>General Expense</i>	107.155.019.226	7.084.629
	Total	935.261.753.399	61.835.488

Tabel 4. 27 *Fixed cost (Fa)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	Depresiasi	26.108.577.477	1.726.187
2.	<i>Property tax</i>	2.610.857.748	172.619
3.	Asuransi	2.610.857.748	172.619
	Total	31.330.292.972	2.071.424

Tabel 4. 28 *Variable cost (Va)*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	576.773.631.846	38.133.794
2	<i>Packing n Shipping</i>	102.239.427.821	6.759.632
3	Utilitas	12.311.590.554	813.990
4	<i>Royalties & patents</i>	10.223.942.782	675.963
	Total Va	701.548.593.003	46.383.378

Tabel 4. 29 *Regulated cost (Ra)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Gajikaryawan	18.514.800.000	1.224.119
2	<i>Payroll overhead</i>	2.777.220.000	183.618
3	<i>Supervisor</i>	2.777.220.000	183.618
4	<i>Plant Overhead</i>	9.257.400.000	612.060
5	<i>Laboratorium</i>	1.851.480.000	122.412
6	<i>General Expense</i>	107.155.019.226	7.084.629
7	<i>Maintenance</i>	52.217.154.954	3.452.374
8	<i>Plant supplies</i>	7.832.573.243	517.856
	Total	202.382.867.423	13.380.686

4.8.6 Analisa Keuntungan

Total penjualan = Rp 1.022.394.278.205

Total Production Cost = Rp 935.261.753.399

Keuntungan sebelum pajak = Rp 87.132.524.807

Pajak pendapatan = 30%

Keuntungan setelah pajak = Rp 60.992.767.365

4.8.7 Hasil kelayakan Ekonomi

4.8.7.1 *Percent Return On Investment (ROI)*

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

ROI sebelum pajak = 33,37 %

ROI sesudah pajak = 23,36 %

4.8.7.2 Pay Out Time (POT)

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

$$\text{POT sebelum pajak} = 2,31 \text{ tahun}$$

$$\text{POT sesudah pajak} = 3,00 \text{ tahun}$$

4.8.7.3 Break Even Point (BEP)

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

$$\text{BEP} = 51,37 \%$$

4.8.7.4 Shut Down Point (SDP)

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

$$\text{SDP} = 33,89 \%$$

4.8.7.5 Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFRR)

$$\text{Umur pabrik} = 10 \text{ tahun}$$

$$\text{Fixed Capital Investment} = \text{Rp } 261.085.774.768$$

$$\text{Working Capital} = \text{Rp } 128.024.781.521$$

$$\text{Salvage Value (SV)} = \text{Rp } 26.108.577.477$$

$$\text{Cash flow (CF)} = \text{Annual profit} + \text{depresiasi} + \text{finance}$$

$$= \text{Rp } 77.457.051.006$$

Discounted cash flow dihitung secara *trial & error*

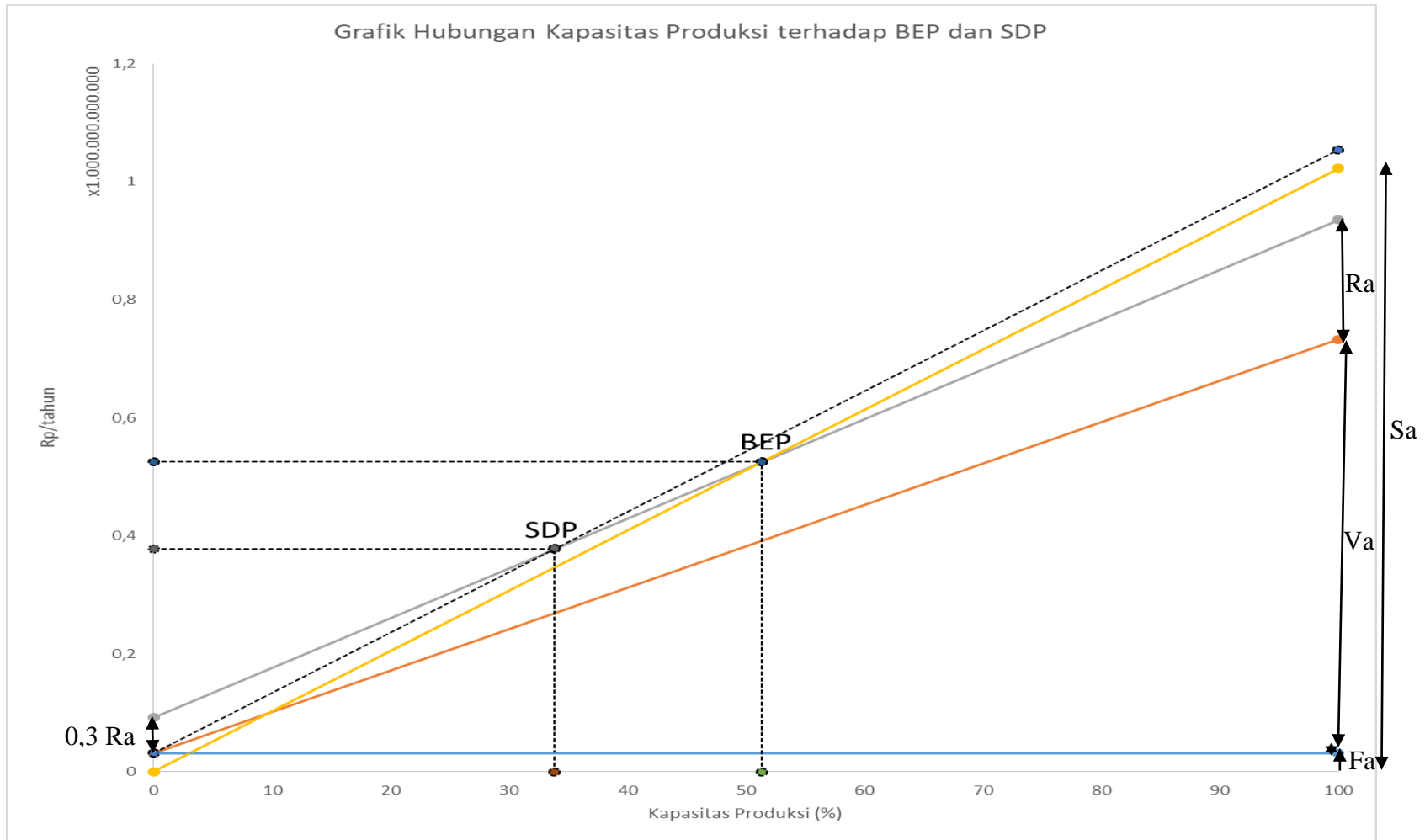
$$(FC+WC)(1+i)^N = C \sum_{n=0}^{n=N-1} (1+i)^N + WC + SV$$

$$R = S$$

Dengan *trial & error* diperoleh nilai $i = 17,24 \%$

Tabel 4. 30 Rekapitulasi komponen biaya untuk penentuan BEP dan SDP secara grafis

Kapasitas, %	Sa(Rp)	Fa(Rp)	Va(Rp)	Ra(Rp)	Total Cost(Rp)	Keuntungan(Rp)
0	0	31.330.292.972	0	60.714.860.227	92.045.153.199	-92.045.153.199
10	102.239.427.821	31.330.292.972	70.154.859.300	74.881.660.947	176.366.813.219	--74.127.385.399
20	204.478.855.641	31.330.292.972	140.309.718.601	89.048.461.666	260.688.473.239	-56.209.617.598
30	306.718.283.462	31.330.292.972	210.464.577.901	103.215.262.386	345.010.133.259	-38.291.849.797
40	408.957.711.282	31.330.292.972	280.619.437.201	117.382.063.105	429.331.793.279	-20.374.081.997
50	511.197.139.103	31.330.292.972	350.774.296.502	131.548.863.825	513.653.453.299	-2.456.314.196
60	613.436.566.923	31.330.292.972	420.929.155.802	145.715.664.545	597.975.113.319	15.461.453.604
70	715.675.994.744	31.330.292.972	491.084.015.102	159.882.465.264	682.296.773.339	33.379.221.405
80	817.915.422.564	31.330.292.972	561.238.874.403	174.049.265.984	766.618.433.359	51.296.989.205
90	920.154.850.385	31.330.292.972	631.393.733.703	188.216.066.704	850.940.093.379	69.214.757.006
100	1.022.394.278.205	31.330.292.972	701.548.593.003	202.382.867.423	935.261.753.399	87.132.524.807



Gambar 4. 7 Grafik Hubungan Kapasitas Produksi terhadap BEP dan SDP

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pabrik n-Butil Metakrilat dari Asam Metakrilat dan Butanol dengan kapasitas 30.000 ton/tahun, dapat digolongkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan tinjauan proses, kondisi operasi, serta sifat-sifat bahan baku dan produk, maka pabrik ini tergolong pabrik beresiko rendah.
2. Berdasarkan hasil analisis ekonomi adalah sebagai berikut:
 - 1) Keuntungan sebelum pajak Rp 87.132.524.807 per tahun, dan keuntungan setelah pajak sebesar Rp60.992.767.365 per tahun.
 - 2) Presentase *return on investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 33,37 %, dan ROI setelah pajak sebesar 23,36%. Syarat ROI sebelum pajak minimum untuk pabrik kimia beresiko rendah adalah 11% (Aries & Newton, 1955).
 - 3) *Pay out time* (POT) sebelum pajak adalah selama 2,31 tahun dan setelah pajak selama 3 tahun. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah maksimum adalah 5 tahun (Aries & Newton, 1955).

4) *Break even point* (BEP) pada 51,37%, dan *shut down point* (SDP) pada 33,89 %.

5) *Discounted cash flow rate* (DCFR) sebesar 17,24 %.

Dari hasil analisis ekonomi di atas dapat disimpulkan bahwa pabrik n-butyl metakrilat dengan kapasitas 30.000 ton/tahun ini layak didirikan dan menarik untuk dikaji lebih lanjut.

5.2 Saran

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

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

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S., and Newton, R.D., 1955, *Chemical Engineering Cost Estimation*, Mc Graw Hill Handbook Co., Inc., New York.
- Biro Pusat Statistik, 2018, *Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia*, Indonesia foreign, Trade Statistic Import, Yogyakarta.
- Brown, G.G., Donal Katz, Foust, A.S., and Schneidewind, R., 1978, *Unit Operation*, Modern Asia Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Brownell, L.E., and Young, E.H., 1959, *Process Equipment Design*, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Coulson, J.M., and Richardson, J.F., 1983, *Chemical Engineering, Vol 1 6*, Pergamon Internasional Library, New York.
- Faith Keyes and Clark, 1975, "*Industrial Chemical*", 4th Edition, Jonh Wiley and Sons Inc., New York.
- Holman, J., 1981, *Heat Transfer*, Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York.
- Kern, D.Q., 1983, *Process Heat Transfer*, Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York.
- Kirk, Othmer., 1998, *Encyclodpedia of Chemical Technology, 3rd ed, Vol. 1*. JohnWiley and Sons, Inc., New York.

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

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

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

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

Treyball, R.E., 1981, "*Mass Transfer Operation*", 3rd Edition, Mc. Graw Hill Book Company Inc., Singapore.

Turton, R., Bailie, R.C., Whiting, W.B., 2009, *Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes*, 3rd Ed., Prentice-Hall Inc., New Jersey.

Yaws, C.L., 1999, *Chemical Properties Handbook*, Mc Graw Hill Company, Inc., New York.

LAMPIRAN A

LAMPIRAN

REAKTOR

Alogaritma perhitungan :

1. Menentukan jenis reaktor
2. Menghitung jumlah reaktor optimum
3. Menentukan dimensi reaktor
4. Menentukan tinggi cairan
5. Menentukan tekanan desain
6. Menentukan tebal shell
7. Menentukan tebal head
8. Perancangan pengaduk
9. Menentukan kecepatan putaran
10. Menghitung power motor
11. Menentukan kebutuhan pendingin
12. Menentukan luas transfer panas dan luas selubung reaktor
13. Perancangan Koil Pendingin

1. Menentukan jenis reaktor

Jenis reaktor yang digunakan : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Fungsi : Mereaksikan Asam Metakrilat dan Butanol

Dipilih reaktor jenis ini melalui beberapa pertimbangan sebagai berikut :

- a) Zat pereaksi berupa fasa cair dan fasa cair
- b) Hasil konversi maksimal, karena dapat digunakan reaktor dalam jumlah lebih dari satu.

2. Menghitung jumlah reaktor optimum

Menentukan jumlah reaktor adalah dengan menggunakan optimasi jumlah reaktor. Adapun rumus yang digunakan untuk menentukan jumlah reaktor sebagai berikut:

Kecepatan reaksi : $-r_A = k C_A C_B$

Konstanta kecepatan reaksi :

$$-r_A = k C_A C_B$$

$$-\frac{dC_A}{dt} = k C_{A0} (1 - X_A) (C_{B0} - C_{A0} X_A)$$

$$-\frac{dC_A}{dt} = k C_{A0} (1 - X_A) (M C_{A0} - C_{A0} X_A)$$

$$-\frac{dC_A}{dt} = k C_{A0}^2 (1 - X_A) (M - X_A)$$

$$-\frac{dC_{A0} (1 - X_A)}{dt} = k C_{A0}^2 (1 - X_A) (M - X_A)$$

$$-\frac{dX_A}{dt} = k C_{A0} (1 - X_A) (M - X_A)$$

$$\int_0^{0,93} \frac{dx_A}{(1-x_A)(M-x_A)} = k C_{A0} \int_0^2 dt$$

$$k = \frac{\int_0^{0,93} \frac{dx_A}{(1-x_A)(M-x_A)}}{C_{A0} \int_0^2 dt}$$

Dengan menggunakan integral numeris *trapezoidal rules* didapatkan $k = 0,445 \text{ L/kmol.jam}$

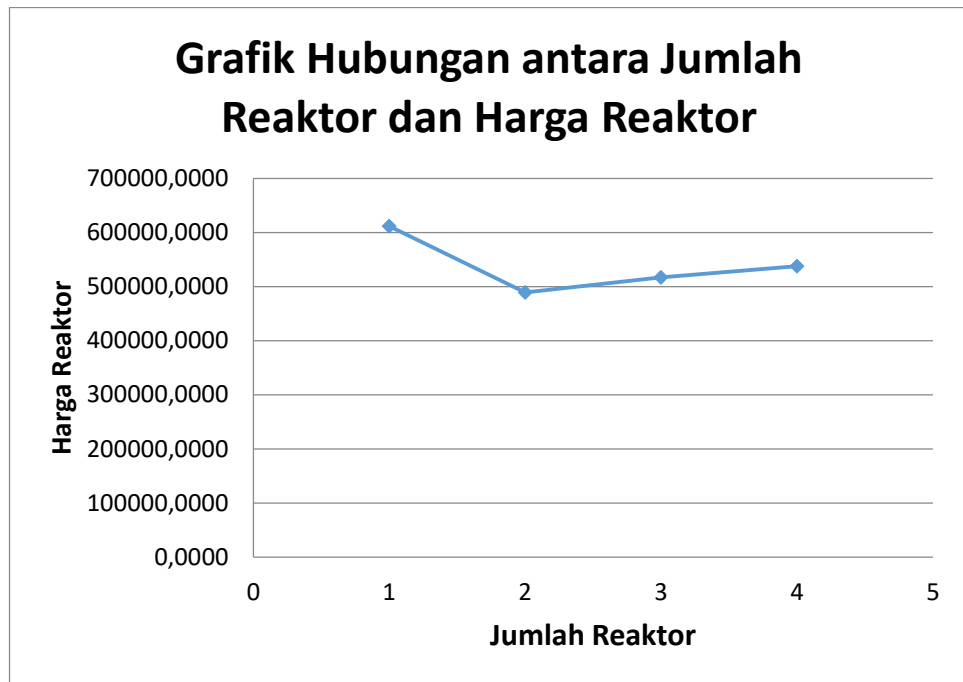
Orde reaksi : 2

Volume optimasi :
$$V_1 = \frac{F_V (X_{A1} - X_{A0})}{k C_{A0} (1 - X_{A1})(M - X_{A1})}$$

Berdasarkan rumus volume optimasi diatas maka dapat diperoleh hasil optimasi sebagai berikut:

N	V (m ³)	V (gal)	Harga @ (US \$)	Harga alat (US \$)
1	104,4882	27.603	611.500	611.500
2	18,5376	4.897	244.500	489.000
3	9,5740	2.529	172.300	516.900
4	6,0052	1.586	134.500	538.000

Hasil optimasi diatas dapat dibuatkan grafik hubungan antara jumlah reaktor (n) dengan total harga (\$US) sebagai berikut:



Berdasarkan hasil optimasi yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan menggunakan 2 reaktor akan lebih ekonomis apabila dibandingkan dengan menggunakan 1 reaktor.

3. Menentukan dimensi reaktor

Berdasarkan hasil optimasi, volume design masing-masing reaktor sebesar 18,538 m³. Adapun rasio H/D yang digunakan 1:1. Dengan diketahuinya besar volume masing-masing reaktor maka dapat dihitung pula besarnya nilai D dan H dengan menggunakan persamaan:

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot \text{Volume shell}}{\pi}}$$

D : 2,869 m

H : 2,869 m

4. Menentukan tinggi cairan

- a. Volume *Shell* : 18,538 m³
- b. Volume *Head* : 4,004 m³
- c. Volume *bottom* : ½ volume *head*
Volume *bottom* : 2,002 m³
- d. Volume cairan : volume *shell* – volume *bottom*
Volume cairan : 16,536 m³
- e. Tinggi cairan : $4V/\pi D^2$
Tinggi cairan : 2,559 m

5. Menentukan tekanan desain

- a. Tekanan operasi : 1 atm
- b. Tekanan hidrostatik

$$P_{\text{Hidrostatik}} = \frac{\rho g h}{g_c}$$

Dengan:

ρ campuran : 907,203 kg/m³ = 56,635 lb/ft²

g : 32,2 ft²

g_c : 32,17 ft/s²

h : 2,559 m = 8,396 ft

P_h : 4.784,855 lb/ft² = 33,228 psi

P_{absolute} : $P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}}$

P_{absolute} : 47,924 psi

P desain : 1,2 P *absolute*

P desain : 52,716 psi

6. Menentukan tebal *shell*

$$t_s = \frac{Pr}{(fE - 0.6P)} + C$$

Dengan:

d = diameter dalam *shell*, in

f = maksimum *allowable stress* bahan yang digunakan

(Brownell, tabel 13-1, p.251)

t_s = tebal *shell*, in

E = efisiensi pengelasan

P = tekanan desain, psi

C = faktor korosi, in

Bahan yang digunakan untuk reaktor adalah *Stainless steel* (304). Adapun alasan pemilihan bahan karena bahan yang bereaksi bersifat korosif.

E : 0,850

f : 145 N/mm² = 21.030,472 psi

P : 35,063 psi

C : 0,125 in

Maka nilai t_s yang didapatkan sebesar 0,29 in

Dipilih tebal dinding reaktor standar 3/8 (Brownell and Young, ha 88)

7. Menentukan tebal head

$$t_h = \frac{P_{rw}}{(2fE - 0.2P)} + C$$

Untuk menghitung besarnya tebal head standar digunakan rumus sebagai berikut:

Tekanan operasi	: 14,696 psi
P desain	: 52,716 psi
P	: 38,021 psi
OD	: 113,702 in
OD standar	: 114 in
r	: 108 in
icr	: 6,875 in
t_h	: 0,325 in

dipilih tebal head reaktor standar 5/16 in (Brownell and Young, hal 90)

dengan tebal head reaktor standar 5/16 in diperoleh sf 1 ½-3 in.

8. Perancangan pengaduk

Jenis pengaduk : Marine propeler with 3 blades and 4 baffles

Diameter Impeler : $D_a = ID / 3 = 37,75$ m

Posisi sudut impeler : $E = D_a = 37,75$ m

$$\text{Lebar impeler} : W = Da / 5 = 7,55 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman baffle} : J = ID / 12 = 9,44 \text{ m}$$

$$\text{Panjang sudu impeler} : L = Da / 4 = 9,44 \text{ m}$$

Menghitung kecepatan pengadukan :

Menghitung jumlah impeler (pengaduk):

Dimana WELH adalah Water Equivalen Liquid High

$$WELH = (\rho \text{ larutan}) / (\rho \text{ air}) \times Dt$$

$$= 2,5591 \times \frac{914,1081}{1000}$$

$$= 2,3393 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{a impeller} &= \frac{WELH}{D} \\ &= \frac{2,3393}{2,8690} \text{ m} \\ &= 0,8154 \end{aligned}$$

Putaran pengaduk :

$$\frac{WELH}{2.DI} = \left(\frac{\pi.DI.N}{600} \right)^2$$

$$N = \sqrt{(WELH / (2.DI)) \times (600 / (\pi.DI))}$$

$$= \sqrt{\frac{2,3393}{2 \cdot 37,75} \times \left(\frac{600}{3,14 \times 37,75} \right)}$$

$$= 220,975 \text{ rpm}$$

Dengan :

$$N : 220,975 \text{ rpm} = 3,683 \text{ rps}$$

$$\begin{aligned} \rho & : 914,1081 \text{ kg/m}^3 & = 57,064 \text{ lb/ft}^3 \\ g_c & : 32,2 \text{ ft/s}^2 \\ \mu & : 0,5741 \text{ cp} & = 0,0004 \text{ lb/ft}\cdot\text{s} \\ D_i & : 0,9563 \text{ m} & = 3,1376 \text{ ft} \end{aligned}$$

Bilangan Reynold :

$$\boxed{Re = \frac{N \times D_i^2 \times \rho}{\mu}} \quad (\text{Brown, page 508})$$

$$\begin{aligned} Re & = \frac{3,683 \text{ rps} \cdot 3,1376 \text{ ft}^2 \cdot 57,064 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}}{0,0004 \frac{\text{lb}}{\text{ft}\cdot\text{s}}} \\ & = 5362675,81 \end{aligned}$$

$$\boxed{P = \frac{N_p \times \rho \times N^3 \times D_i^5}{g_c}}$$

$$N_p = P_o = 1,5$$

$$p = \frac{1,5 \cdot 57,064 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \cdot 3,6829 \text{ rps}^3 \cdot 3,1376 \text{ ft}^5}{32,2 \text{ ft/s}^2}$$

$$P = 3,67 \text{ hp}$$

$$\text{Efisiensi motor} : 80\%$$

$$\begin{aligned} \text{Daya motor} \quad \text{Daya motor} & = \frac{P}{\eta} = \frac{3,67}{80\%} \\ & = 4,59 \text{ HP} \end{aligned}$$

$$\text{Dipakai standar NEMA} = 5 \text{ HP}$$

9. Menentukan kecepatan putaran

Didapatkan nilai kecepatan putaran 220,975 rpm

10. Menentukan power motor

N_{Re} : 5362675,81

Jenis aliran : turbulen

η : 80%

$P (Pa/\eta)$: 4,59 Hp

P standar : 5 Hp

11. Kebutuhan pendingin

A. Reaktor 1

Q air pendingin :	1355726.7026	kJ/jam	1285228.914	Btu/jam
T in :	30	°C	303.15	K
T out :	50	°C	323.15	K

Komponen	A	B	C	D
Air	92.053	-4.00E-02	-2.11E-04	5.35E-07

$\int C_p \cdot dT$:	1505.5337	J/mol	1505.5337	kJ/kmol
Keb. Air pendingin :	900.4957453	kmol/jam	16208.92341	kg/jam

Suhu fluida panas masuk :	95.000	°C	203.000	°F
Suhu fluida panas keluar :	95.000	°C	203.000	°F
Suhu fluida dingin masuk :	30.000	°C	86.000	°F
Suhu fluida dingin keluar :	50.000	°C	122.000	°F

Inisial	Fluida panas (°F)		Fluida dingin (°F)	ΔT (°F)
ΔT_2	203.000	Lower Temp	86.000	117.000
ΔT_1	203.000	Higher Temp	122.000	81.000

$\Delta TLMTD$ sebesar 97,9 °F

B. Reaktor 2

Q air pendingin :	292539.1129	kJ/jam	277327.079	Btu/jam
T in :	30	°C	303.15	K
T out :	50	°C	323.15	K

Komponen	A	B	C	D
Air	92.053	-4.00E-02	-2.11E-04	5.35E-07

$\int C_p \cdot dT$:	1505.5337	J/mol	1505.5337	kJ/kmol
Keb. Air pendingin :	194.3092409	kmol/jam	3497.566336	kg/jam

Suhu fluida panas masuk :	95.000	°C	203.000	°F
Suhu fluida panas keluar :	95.000	°C	203.000	°F
Suhu fluida dingin masuk :	30.000	°C	86.000	°F
Suhu fluida dingin keluar :	50.000	°C	122.000	°F

Inisial	Fluida panas (°F)		Fluida dingin (°F)	ΔT (°F)
ΔT_2	203.000	Lower Temp	86.000	117.000
ΔT_1	203.000	Higher Temp	122.000	81.000

$\Delta TLMTD$ sebesar 97,9 °F

12. Menentukan luas transfer panas dan luas selubung reaktor

A. Reaktor 1

Luas transfer panas : $Q / U_d \times \Delta TLMTD$

Luas selubung reaktor : $\pi \times D \times L$

D : $OD - 2ts$

L : $2 \times D_{opt}$

UD : 30 Btu/ft².°F.jam

Q air pendingin : 1.355.726 kJ/jam = 1.284.980 btu/jam

D : 2,877 m

L : 2,869 m

Maka,

Luas transfer panas : 40,64 m²

Luas selubung reaktor : 25,91 m²

Karena luas transfer panas > luas selubung reaktor maka dipilih koil.

B. Reaktor 2

Luas transfer panas : $Q / U_d \times \Delta TLMTD$

Luas selubung reaktor	: $\pi \times D \times L$
D	: $OD - 2ts$
L	: $2 \times D_{opt}$
UD	: $10 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{°F} \cdot \text{jam}$
Q air pendingin	: $292.539 \text{ kJ/jam} = 277.273 \text{ btu/jam}$
D	: $2,877 \text{ m}$
L	: $2,869 \text{ m}$

Maka,

Luas transfer panas	: $26,31 \text{ m}^2$
Luas selubung reaktor	: $25,91 \text{ m}^2$

Karena luas transfer panas > luas selubung reaktor maka dipilih koil.

13. Perancangan koil pendingin

A. Reaktor 1

1) Menghitung kecepatan volumetric

Kecepatan alir volumetric dapat dihitung dengan rumus membagi kebutuhan air pendingin dengan massa jenis air.

Kebutuhan air pendingin :

Tin air : 30°C

Tout air : 50°C

Tavg : 40°C

2) Menentukan diameter koil

Untuk aliran dalam koil/tube, batasan kecepatan antara 10-30 m/s

(Culson pg, 534). Dipilih kecepatan 10 m/s, maka:

Kecepatan pendingin : 10 m/s

Kecepatan volumetrik : 16,405 m³/jam

Didapatkan besarnya luas penampang sebesar 0,0005 m²

Nilai diameter dapat dihitung dengan rumus:

$$A = (\pi \cdot ID^2)/4$$

Nilai ID hitung didapat sebesar 0,0241 m = 0,949 in

Dipilih ID standar dari buku Kern tabel 11 pd 844:

IPS	: 1 in
Schedule Number	: 40
Outside diameter (OD)	: 1,32 in
Inside diameter (ID)	: 1,939 in
Luas penampang (A')	: 1,049 in ²
Luas perpan/panjang (a'')	: 0,344 ft/ft ²

3) Menghitung hi

ρ air pendingin : 1.013,638 kg/m³= 63,251 lb/ft³

μ air pendingin : 0,664 cP= 1,605 lb/ft jam

k air pendingin : 0,625 W/m.K= 0,362 btu/ft jam °F

Cp air pendingin : 25.992,751 kJ/kmol= 620,938 btu/lb

- Menghitung nilai Gt = kebutuhan pendingin/luas penampang, didapatkan besarnya nilai Gt sebesar 4.905.411 lb/ft²jam
- Kecepatan pendingin terhitung : Gt /massa jenis

Kecepatan pendingin terhitung : 6,567 m/s

- Menghitung bilangan Reynold dan menentukan jenis aliran
Besarnya N_{Re} terhitung 493.832,098 dengan jenis turbulen
- Menentukan nilai jH
Berdasarkan Kern fig 24 pd 834 diperoleh jH sebesar 980
- Menghitung nilai hi

$$jH = \frac{hi \cdot D}{k} \left(\frac{cp \cdot \mu}{k} \right)^{-1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-0.14}$$

Dengan menggunakan persamaan tersebut, nilai hi dapat dihitng sebesar 30.745 Btu/ft²jam^oF.

4) Menghitung hio

a. Menghitung hio pipa

$$hio = hi \frac{ID}{OD}$$

Dengan menggunakan persamaan diatas, nilai hio pipa adalah 45.162 Btu/ft²jam^oF.

b. Menghitung hio koil

$$hio_{koil} = hio_{pipa} \left(1 + 3.5 \frac{D_{koil}}{D_{spiral koil}} \right)$$

- hio pipa :
- D spiral koil : 70% * Diameter tangki
 D spiral koil : 79,275 in
 D spiral koil : 6,604 ft

Maka hio yang didapat sebesar 49.030,429 Btu/ft²jam^oF.

5) Menghitung ho

Untuk tangki berpengaduk yang dilengkapi koil, maka koefisien perpindahan panas dihitung dengan rumus:

$$h_o = 0.87 \left(\frac{k}{D} \right) \left(\frac{Lp^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu} \right)^{2/3} \left(\frac{cp \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.4}$$

Nilai ho diperoleh 3.989.644 Btu/ft²jam^oF.

6) Menghitung Uc

$$U_c = \frac{h_o * hio}{h_o + hio}$$

Uc diperoleh 44.657 Btu/ft²jam^oF.

7) Menghitung Ud

$$U_D = \frac{h_D * U_c}{h_D + U_c}$$

Untuk kecepatan air 10 m/s maka nilai RD : 0,001 (Kern tabel 12 pg 845), sehingga diperoleh nilai hd sebesar 1000 Btu/ft²jam^oF. Ud terhitung sebesar 978,098 Btu/ft²jam^oF.

8) Menghitung luas bidang transfer

$$A = Q_{total} / (U_d \times \Delta TLMTD)$$

Q air pendingin : 1.285.228,914 Btu/jam

Ud : 977,429 Btu/ft²jam^oF

$\Delta TLMTD$: 97,9 ^oF

$$A : 13,422 \text{ ft}^2$$

9) Menghitung panjang koil

$$L_{\text{pipa koil}} = A/a''$$

$$A : 13,422 \text{ ft}^2$$

$$\text{Luas perpan/panjang (a'')} : 0,344 \text{ ft}^2/\text{ft}$$

$$L_{\text{pipa koil}} : 39,018 \text{ ft} = 11,89 \text{ m}$$

10) Menghitung jumlah lengkungan koil

$$AB = ID \text{ dan } BC = x$$

Teorema pythagoras nilai AC dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Busur } AB = \frac{1}{2} \pi DC$$

$$\text{Busur } AC = \frac{1}{2} \pi AC$$

$$\text{Dipilih } x = \frac{1}{2} OD$$

$$\text{Besarnya nilai } x \text{ sebesar } 0,66 \text{ in} = 0,55 \text{ ft}$$

Panjang lengkungan koil dinyatakan dengan simbol Klilitan

Klilitan didefinisikan sebagai jumlah dari $\frac{1}{2}$ putaran miring dengan $\frac{1}{2}$ putaran datar atau secara matematis dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Klilitan} = \frac{1}{2} \pi(DC) + \frac{1}{2} \pi(AC)$$

Dengan menggunakan rumus diatas, besarnya nilai Klilitan satu putaran sebesar 20,74 ft.

11) Menghitung banyak lilitan

Banyak lilitan koil didefinisikan sebagai perbandingan antara panjang lengkungan koil dengan panjang lengkungan koil satu putaran. Banyak lilitan koil yang diperoleh sebanyak 2 lilitan.

12) Menghitung tinggi tumpukan dan tinggi cairan setelah ada koil

- Tinggi tumpukan

$$\text{Tinggi tumpukan koil} = (N_{\text{lilitan}} - 1) \times \pi \times N_{\text{lilitan}} \times \text{OD}$$

Tinggi tumpukan koil yang diperoleh sebesar 0,084 m

- Tinggi cairan setelah ada koil (Z_c)

$$\text{Tinggi cairan setelah ditambah koil } (Z_c) = \frac{V_{\text{cairan dalam shell}} + V_{\text{koil}}}{A_{\text{shell}}}$$

$$V_{\text{cairan dalam shell}} : 18,5376 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{koil}} : 0,0054 \text{ m}^3$$

$$A_{\text{shell}} : 6,4955 \text{ m}^2$$

tinggi cairan setelah ada koil diperoleh sebesar 2,8547 m.

13) Menghitung *pressure drop*

$$\Delta P_T = \frac{f \times v^2 \times L}{5,22 \times 10^{10} \times \text{ID} \times s \times \theta t}$$

$$\text{Koefisien friksi} : 0,005 \text{ ft}^2/\text{in}^2$$

$$\text{Pressure drop} : 0,127 \text{ psi}$$

B. Reaktor 2

1) Menghitung kecepatan volumetrik

Kecepatan alir volumetric dapat dihitung dengan rumus
membagi kebutuhan air pendingin dengan massa jenis air.

Kebutuhan air pendingin :

Tin air : 30°C

Tout air : 50°C

Tavg : 40°C

2) Menentukan diameter koil

Untuk aliran dalam koil/tube, batasan kecepatan antara 10-30
m/s (Culson pg, 534). Dipilih kecepatan 10 m/s, maka:

Kecepatan pendingin : 10 m/s

Kecepatan volumetrik : 3,54 m³/jam

Didapatkan besarnya luas penampang sebesar 0,0001 m²

Nilai diameter dapat dihitung dengan rumus:

$$A = (\pi \cdot ID^2) / 4$$

Nilai ID hitung didapat sebesar 0,0112 m = 0,4406 in

Dipilih ID standar dari buku Kern tabel 11 pd 844:

IPS : 0,375 in

Schedule Number : 40

Outside diameter (OD) : 0,675 in

Inside diameter (ID) : 0,493 in

Luas penampang (A') : 0,192 in²

Luas perpan/panjang (a'') : 0,177 ft/ft²

3) Menghitung hi

- ρ air pendingin : 1.013,638 kg/m³= 63,251 lb/ft³
 μ air pendingin : 0,664 cP= 1,605 lb/ft jam
k air pendingin : 0,625 W/m.K= 0,362 btu/ft jam °F
Cp air pendingin : 25.992,751 kJ/kmol= 620,938 btu/lb

- Menghitung nilai Gt = kebutuhan pendingin/luas penampang, didapatkan besarnya nilai Gt sebesar 5.783.110 lb/ft²jam
- Kecepatan pendingin terhitung : Gt/massa jenis
Kecepatan pendingin terhitung : 7,742 m/s
- Menghitung bilangan Reynold dan menentukan jenis aliran
Bilangan Reynold (Re) = ID x Gt / μ :
Besarnya N_{Re} terhitung 148.024,797 dengan jenis turbulen
- Menentukan nilai jH
Berdasarkan Kern fig 24 pd 834 diperoleh jH sebesar 340
- Menghitung nilai hi

$$jH = \frac{hi \cdot D}{k} \left(\frac{cp \cdot \mu}{k} \right)^{-1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-0.14}$$

Dengan menggunakan persamaan tersebut, nilai hi dapat dihitung sebesar 41.952 Btu/ft²jam°F.

4) Menghitung hio

a. Menghitung hio pipa

$$hio = hi \frac{ID}{OD}$$

Dengan menggunakan persamaan diatas, nilai hio pipa adalah 30.640 Btu/ft²jam^oF.

b. Menghitung hio koil

$$hio_{koil} = hio_{pipa} \left(1 + 3.5 \frac{D_{koil}}{D_{spiral koil}} \right)$$

- hio pipa : 30.640 Btu/ft²jam^oF
- D spiral koil : 70% *Diameter tangki
D spiral koil : 79,275 in
D spiral koil : 6,604 ft

Maka hio yang didapat sebesar 31.308 Btu/ft²jam^oF.

5) Menghitung ho

Untuk tangki berpengaduk yang dilengkapi koil, maka koefisien perpindahan panas dihitung dengan rumus:

$$ho = 0.87 \left(\frac{k}{D} \right) \left(\frac{Lp^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu} \right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{cp \cdot \mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.4}$$

Nilai ho diperoleh 8.260.542 Btu/ft²jam^oF.

6) Menghitung Uc

$$Uc = \frac{ho * hio}{ho + hio}$$

Uc diperoleh 30.527 Btu/ft²jam^oF.

7) Menghitung Ud

$$U_D = \frac{h_D * U_c}{h_D + U_c}$$

Untuk kecepatan air 10 m/s maka nilai RD : 0,001 (Kern tabel 12 pg 845), sehingga diperoleh nilai h_D sebesar 1000 Btu/ft²jam°F. U_D terhitung sebesar 968,2819 Btu/ft²jam°F.

8) Menghitung luas bidang transfer

$$A = Q_{total} / (U_D \times \Delta T_{LMTD})$$

$$Q \text{ air pendingin} : 277.327,079 \text{ Btu/jam}$$

$$U_D : 968,2819 \text{ Btu/ft}^2\text{jam}^\circ\text{F}$$

$$\Delta T_{LMTD} : 97,9 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$A : 2,9256 \text{ ft}^2$$

9) Menghitung panjang koil

$$L_{\text{pipa koil}} = A/a''$$

$$A : 2,9256 \text{ ft}^2$$

$$\text{Luas perpan/panjang (a'')} : 0,344 \text{ ft}^2/\text{ft}$$

$$L_{\text{pipa koil}} : 16,529 \text{ ft} = 5,038 \text{ m}$$

10) Menghitung jumlah lengkungan koil

$$AB = ID \text{ dan } BC = x$$

Teorema pythagoras nilai AC dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Busur } AB = \frac{1}{2} \pi DC$$

$$\text{Busur AC} = \frac{1}{2} \pi AC$$

$$\text{Dipilih } x = \frac{1}{2} \text{ OD}$$

Besarnya nilai x sebesar 0,34 in = 0,03 ft

Panjang lengkungan koil dinyatakan dengan simbol Klilitan

Klilitan didefinisikan sebagai jumlah dari $\frac{1}{2}$ putaran miring dengan $\frac{1}{2}$ putaran datar atau secara matematis dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Klilitan} = \frac{1}{2} \pi(\text{DC}) + \frac{1}{2} \pi(\text{AC})$$

Dengan menggunakan rumus diatas, besarnya nilai Klilitan satu putaran sebesar 20,74 ft.

11) Menghitung banyak lilitan

Banyak lilitan koil didefinisikan sebagai perbandingan antara panjang lengkungan koil dengan panjang lengkungan koil satu putaran. Banyak lilitan koil yang diperoleh sebanyak 1 lilitan.

12) Menghitung tinggi tumpukan dan tinggi cairan setelah ada koil

- Tinggi tumpukan

$$\text{Tinggi tumpukan koil} = (N_{\text{lilitan}} - 1) * x + N_{\text{lilitan}} * \text{OD}$$

Tinggi tumpukan koil yang diperoleh sebesar 0,0171 m

- Tinggi cairan setelah ada koil (Z_c)

$$\text{Tinggi cairan setelah ditambah koil } (Z_c) = \frac{V_{\text{cairan dalam shell}} + V_{\text{koil}}}{A_{\text{shell}}}$$

$$V_{\text{cairan dalam shell}} : 18,5376 \text{ m}^3$$

V koil : 0,005 m³

A shell : 6,4955 m³

tinggi cairan setelah ada koil diperoleh sebesar 3,4117 m.

13) Menghitung *pressure drop*

$$\Delta P_T = \frac{f \times v^2 \times L}{5,22 \times 10^{10} \times ID \times s \times \theta t}$$

Koefisien friksi : 0,005

Pressure drop : 0,34 psi

