

**PRA RANCANGAN PABRIK N-BUTIL AKRILAT DARI ASAM AKRILAT
DAN BUTANOL DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 20.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik Kimia**

Konsentrasi Teknik Kimia



Oleh :

Nama : M. Addintia Irfan NurHafizh

Nama : M. Wildan Ma'ruf

NIM : 19521212

NIM : 19521208

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

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL PERANCANGAN PABRIK

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL PERANCANGAN PABRIK

PRA RANCANGAN PABRIK BUTIL AKRILAT DARI ASAM AKRILAT DAN BUTANOL KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : M.Addintia Irfan N.
NIM : 19521212

Nama : M. Wildan Maaruf
NIM : 19521

Yogyakarta, 7 Agustus 2023

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 karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat digunakan sebagai mana mestinya.



Wildan Maaruf
NIM. 19521208



M. Addintia Irfan N
NIM. 19521212

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
PRA RANCANGAN PABRIK N-BUTIL AKRILAT DARI ASAM AKRILAT DAN
BUTANOL DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 20.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : M. Addintia Irfan N


Nama : M Wildan Maaruf

NIM : 19521121

NIM : 19521208

Yogyakarta, 7 Agustus 2023

Pembimbing 1


Apif Hidayat ST., MT

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**PRA RANCANGAN PABRIK N-BUTIL AKRILAT DARI ASAM AKRILAT
DAN BUTANOL DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 20.000 TON/TAHUN**

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : M Wildan Ma'ruf

NIM : 19521208

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

Tim Penguji,

Ketua Penguji

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

Anggota I

Dr. Ariany Zulkania, S.T., M.Eng.

Anggota II

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



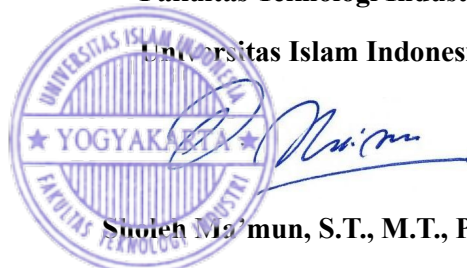
Handwritten signatures and dates of the examiners. The top signature is 'Arif Hidayat' dated 19/10/23. Below it is another signature with a date stamp '05/10/2023'. The bottom signature is 'Ajeng Yulianti Dwi Lestari' dated 05/10/2023.

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Official stamp and signature of the Dean. The stamp is circular with the text 'UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA', 'YOGYAKARTA', and 'FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI'. The signature is 'Sholeh Ma'mun'.

Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr., Wb.

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

Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik yang berjudul “Pra Rancangan Pabrik Butil Akrilat dari Asam Akrilat dan Butanol Kapasitas 20.000 Ton/Tahun”, disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah diperoleh selama dibangku kuliah dan merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan baik dan lancar karena tidak lepas dari dukungan serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan Rahmat dan Hidayahnya yang senantiasa memberikan kemudahan dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
2. Orang Tua dan Keluarga yang selalu memberikan doa, semangat, dan dukungan yang tiada henti-hentinya.
3. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
5. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Prodi Teknik Kimia Program Sarjana Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
6. Bapak Arif Hidayat S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

7. Seluruh civitas akademika di lingkungan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
8. Teman – teman Teknik Kimia 2019 yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan kerja samanya.
9. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu yang telah membantu penyusunan Tugas Akhir ini.

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran untuk menyempurnakan aporan ini. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak, terutama bagi para pembaca serta penyusun, Aamiin.

Wassalamualikum Wr.Wb

Yogyakarta, 07 Agustus 2023

Penyusun

LEMBAR PERSEMBAHAN

Karya ini saya sembahkan kepada:

Puji syukur saya panjatkan atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya bisa sampai dan menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tak lupa shalawat serta salam saya haturkan kepada Nabi Agung Muhammad Shalallahu Alaihi Wassalam yang senantiasa menjadi sosok dan suri tauladan kita semua, yang selalu kita nantikan syafa'at beliau di Yaumul Akhir kelak.

Untuk Bunda terbaik sepanjang masa, Ibu Dewi Budi Setyowati. Untuk Ayah terhebat sedunia, Bapak Daliman. Untuk kakak dan adik yang luar biasa, Mbak Devi Rohmah Solihatun dan Adik Sifak Samudra. Terimakasih atas segala do'a dan dukungan moral, semangat, maupun materi sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Semoga dengan karya ini dapat memberikan rasa bangga terhadap anak **tengahmu**. Serta bantuan dari semua pihak terutama keluarga yang telah memberikan dukungan dan nasehat terbaiknya.

Kepada Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T. serta seluruh pengajar dari Prodi Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia, Terimakasih atas waktu, ilmu, bimbingan, dan arahannya selama ini sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik dan benar.

Kepada patner saya M. Addintia Irfan N. sebagai patner perancangan pabrik saya ini yang telah bersabar dan terus berjuang dalam penyelesaian penyusunan pra rancangan pabrik ini. Semoga kita diberikan ilmu yang bermanfaat dan sukses kedepannya dan dipertemukan diwaktu dan tempat yang terbaik.

Kepada seluruh teman-teman saya dari masa kecil, mohon maaf saya tidak dapat menyebutkan satu persatu. Terimakasih telah memberikan dukungan moral, semangat, serta menghibur dikala senang maupun susah.

Kepada seluruh rekan saya dari Teknik Kimia UII 2019, mohon maaf saya tidak dapat menyebutkan satu persatu. Terimakasih telah meluangkan waktu untuk bersama-sama berproses, mensupport, membantu, serta menghibur dikala

pengerjaan Tugas Akhir. Semoga apa yang menjadi mimpi kita bisa terwujud dikemudian hari. Aamiin.

(M. Wildan Ma'ruf)

LEMBAR PERSEMBAHAN

Karya ini saya sembahkan kepada:

Puji syukur saya panjatkan atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya bisa sampai dan menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tak lupa shalawat serta salam saya haturkan kepada Nabi Agung Muhammad Shalallahu Alaihi Wassalam yang senantiasa menjadi sosok dan suri tauladan kita semua, yang selalu kita nantikan syafa'at beliau di Yaumul Akhir kelak.

Untuk Ibu terbaik sepanjang masa, Ibu Sri Retno Dewi. Untuk Bapak terhebat sedunia, Bapak Satori. Untuk kakak yang luar biasa, Orita Diah Puspita Dewi. Terimakasih atas segala do'a dan dukungan moral, semangat, maupun materi sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Semoga dengan karya ini dapat memberikan rasa bangga. Serta bantuan dari semua pihak terutama keluarga yang telah memberikan dukungan dan nasehat terbaiknya.

Kepada Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T. serta seluruh pengajar dari Prodi Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia, Terimakasih atas waktu, ilmu, bimbingan, dan arahnya selama ini sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik dan benar.

Kepada patner saya Wildan Maaruf. sebagai patner perancangan pabrik saya ini yang telah bersabar dan terus berjuang dalam penyelesaian penyusunan pra rancangan pabrik ini. Semoga kita diberikan ilmu yang bermanfaat dan sukses kedepannya dan dipertemukan diwaktu dan tempat yang terbaik.

Kepada seluruh teman-teman dan tentor saya (Teddy, Yovy, Manan, Herman, Brian, Upi, Nova, Akip, Farel, Ilham, Noval, Coki, Rafi, Kemal, Firas, Hagel, Cella) . Terimakasih telah memberikan dukungan moral, semangat, serta menghibur dikala senang maupun susah.

Khususnya kepada Sri Mulyawati yang selalu mendampingi, membantu serta mensupport sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

Kepada anak-anak saya (Mikey, Roger, Siti, Owa, Momo) yang selalu menghibur saya setiap harinya sehingga membuat hari-hari saya indah.

Kepada seluruh rekan saya dari Teknik Kimia UII 2019, mohon maaf saya tidak dapat menyebutkan satu persatu. Terimakasih telah meluangkan waktu untuk bersama-sama berproses, mensupport, membantu, serta menghibur dikala pengerjaan Tugas Akhir. Semoga apa yang menjadi mimpi kita bisa terwujud dikemudian hari. Aamiin.

(M.Addintia Irfan N)

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
LEMBAR PERSEMBAHAN	iii
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
ABSTRAK	1
BAB I PENDAHULUAN	3
1.1 Latar Belakang	3
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik	4
1.2.1 Supply	5
1.2.2 Demand	6
1.3 Tinjauan Pustaka	8
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	13
BAB II PERANCANGAN PRODUK	16
2.1 Spesifikasi Produk	16
2.2.1 n-Butil Akrilat	16
2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung	19
2.2.1 Bahan Baku	19
2.2.2 Bahan Pendukung	22
2.3 Pengendalian Kualitas	25
2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku	25
2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses	25
2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk	26
BAB III PERANCANGAN PROSES	29
3.1 Diagram Alir Proses dan Material	29
3.2 Uraian Proses	29
3.2.1 Unit Persiapan Bahan Baku dan Bahan Pembantu	30
3.2.2 Unit Reaksi	31
3.2.3 Unit Pemurnian	32

3.2.4	Proses Pembentukan Produk Akhir	32
3.3	Spesifikasi Alat	32
3.3.1	Tangki Penyimpanan Asam Akrilat (T-01)	32
3.3.2	Tangki Penyimpanan N-Butanol (T-02).....	33
3.3.3	Tangki Penyimpanan DBSA (T-03).....	33
3.3.4	Tangki Penyimpanan MEHQ (T-04).....	34
3.3.5	Tangki Penyimpan Produk (T-05).....	34
3.3.6	Mixer (M-01)	35
3.3.7	Reaktor (R-01)	36
3.3.8	Decanter (DC-01)	37
3.3.9	Menara Distilasi (MD-01).....	37
3.3.10	Condensor (CD-01)	38
3.3.11	Reboiler (RB-01)	39
3.3.12	Heat Exchanger (HE-01)	40
3.3.13	Heat Exchanger (HE-02)	40
3.3.14	Heat Exchanger (HE-03)	41
3.3.15	Cooler (CL-01).....	42
3.3.16	Cooler (CL-02).....	43
3.3.17	Pompa (P-01)	43
3.3.18	Pompa (P-02)	44
3.3.19	Pompa (P-03)	45
3.3.20	Pompa (P-04)	45
3.3.21	Pompa (P-05)	46
3.3.22	Pompa (P-06)	46
3.3.23	Pompa (P-07)	47
3.3.24	Pompa (P-08)	48
3.3.25	Pompa (P-09)	48
3.3.26	Pompa (P-10)	49
3.4	Neraca Massa	50
3.4.1	Neraca massa total	50
3.4.2	Neraca Massa Alat Proses	50
3.4.3	Neraca Panas	52

BAB IV PERANCANGAN PABRIK	55
4.1 Lokasi Pabrik	55
4.1.1 Penyedia Bahan Baku	55
4.1.2 Pemasaran Produk.....	55
4.1.3 Utilitas	56
4.1.4 Transportasi	56
4.1.5 Tenaga Kerja	56
4.1.6 Keadaan Iklim	56
4.1.7 Faktor Prnunjang Lain	56
4.2 Tata Letak Pabrik.....	57
4.2.1 Daerah Administrasi / Perkantoran dan Laboratorium	57
4.2.2 Daerah Proses dan Ruang Kontrol.....	57
4.2.3 Daerah Pergudangan, Umun, Bengkel, dan Garasi.....	57
4.2.4 Daerah Utilitas dan Power Stasion.....	57
4.3 Tata Letak Mesin / Alat Proses.....	58
4.3.1 Aliran Bahan Baku dan Produk	58
4.3.2 Aliran Udara.....	58
4.3.3 Pencahayaan.....	59
4.3.4 Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan	59
4.3.5 Pertimbangan Ekonomi.....	59
4.3.6 Jarak Antar Alat Proses	59
4.4 Organisasi Perusahaan	61
4.4.1 Bentuk Perusahaan.....	61
4.4.2 Bentuk Organisasi.....	62
4.4.3 Tugas dan Wewenang	62
4.4.4 Catatan.....	63
BAB V UTILITAS	67
5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (<i>Water Treatment System</i>)	67
5.1.1 Unit Penyedia Air.....	67
5.1.2 Unit Pengolahan Air	69
5.1.3 Unit Pembangkit Steam (<i>Steam Generator System</i>).....	73
5.1.4 Unit Pembangkit Listrik.....	74
5.1.5 Unit Penyedia Udara Tekan.....	78

5.1.6	Unit Penyedia Bahan Bakar	79
5.1.7	Unit Pengolahan Limbah atau Air Buangan	79
BAB VI EVALUASI EKONOMI		90
6.1	Penaksiran Harga Peralatan	91
6.2	Dasar Perhitungan	95
6.3	Perhitungan Biaya	95
6.3.1	<i>Capital Investment</i>	95
6.3.2	<i>Manufacturing Cost</i>	97
6.3.3	<i>General Expense</i>	98
6.3.4	<i>Return On Investment (ROI)</i>	100
6.3.5	<i>Pay Out Time (POT)</i>	100
6.3.6	<i>Discounted Cash Flow of Return (DCFR)</i>	101
6.3.7	<i>Break Even Point</i>	101
6.3.8	<i>Shut Down Point (SDP)</i>	102
BAB VII KESIMPULAN		104
7.1	Kesimpulan	104
7.2	Saran	105

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1	Data Kebutuhan Impor n-Butil Akrilat di Indonesia.....	5
Tabel 1. 2	Data Ekspor n-Butil Akrilat di Indonesia.....	6
Tabel 1. 3	Data Pabrik Butil Akrilat yang sudah beroperasi.....	8
Tabel 1. 4	Perbandingan metode pembuatan n-butyl akrilat.....	11
Tabel 3. 1	Neraca massa total.....	50
Tabel 3. 2	Neraca massa <i>mixer</i>	50
Tabel 3. 3	Neraca massa reaktor.....	51
Tabel 3. 4	Neraca massa <i>decanter</i>	51
Tabel 3. 5	Neraca massa menara distilasi.....	52
Tabel 3. 6	Neraca Panas Total.....	47
Tabel 3. 7	Neraca panas <i>mixer</i>	53
Tabel 3. 8	Neraca panas reaktor.....	53
Tabel 3. 9	Neraca panas <i>decanter</i>	54
Tabel 4. 1	Perincian luas tanah dan bangunan pabrik.....	57
Tabel 4. 2	Gaji Karyawan.....	64
Tabel 4. 3	Jam kerja shift karyawan.....	66
Tabel 5. 1	Kebutuhan air pembangkit <i>steam</i>	72
Tabel 5. 2	Kebutuhan air pendingin.....	72
Tabel 5. 3	Kebutuhan service water.....	73
Tabel 5. 4	Kebutuhan listrik untuk alat proses	75
Tabel 5. 5	Kebutuhan listrik untuk utilitas.....	76
Tabel 5. 6	Kebutuhan listrik.....	78
Tabel 5. 7	Spesifikasi <i>Screener Utilitas</i>	80
Tabel 5. 8	Spesifikasi <i>Sand Filter Utilitas</i>	80
Tabel 5. 9	Spesifikasi <i>Cooling Tower Utilitas</i>	81
Tabel 5. 10	Spesifikasi <i>Mixed Bed Utilitas</i>	81
Tabel 5. 11	Spesifikasi <i>Blower Cooling Tower Utilitas</i>	82
Tabel 5. 12	Spesifikasi Dearator Utilitas.....	82
Tabel 5. 13	Spesifikasi Bak Utilitas.....	83

Tabel 5. 14 Spesifikasi Tangki Utilitas	84
Tabel 5. 15 Spesifikasi Pompa Utilitas	85
Tabel 6. 1 Indeks harga alat tahun 1987 - 2018	92
Tabel 6. 2 Harga indeks hasil regresi linear	93
Tabel 6. 3 Harga alat proses	93
Tabel 6. 4 Harga alat utilitas	94
Tabel 6. 5 PPC	96
Tabel 6. 6 DPC.....	96
Tabel 6. 7 <i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	96
Tabel 6. 8 <i>Working Capital (WC)</i>	97
Tabel 6. 9 <i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	97
Tabel 6. 10 <i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	98
Tabel 6. 11 <i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	98
Tabel 6. 12 <i>Manufacturing Cost (MC)</i>	98
Tabel 6. 13 <i>General Expense (GE)</i>	99
Tabel 6. 14 <i>Total Production Cost (TPC)</i>	99

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Data Impor n-Butil Akrilat di Indonesia	5
Gambar 1. 2 Grafik data ekspor n-Butil Akrilat di Indonesia	7
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kuantitatif.....	29
Gambar 3. 2 <i>Diagram Alir Kuantitatif</i>	29
Gambar 4. 1 <i>Tata Letak Pabrik skala 1:4500</i>	60
Gambar 4. 2 <i>Tata Letak Alat Proses Pabrik skala 1:500</i>	61
Gambar 5. 1 Diagram Utilitas.....	89
Gambar 6. 1 Grafik evaluasi ekonomi.....	103

ABSTRAK

Industry polimer berkembang seiring dengan perkembangan zaman. Berbagai macam produk berupa polimer dapat digunakan di kehidupan sehari-hari, salah contohnya adalah butyl akrilat yang dapat digunakan di industri pelapis cat, tinta, kertas, dan lain-lainnya. Oleh karena itu pabrik ini penting didirikan untuk memenuhi kebutuhan konsumsi dalam negeri. Pabrik butil akrilat dirancang dengan kapasitas 20.000 ton/tahun, menggunakan bahan baku asam akrilat yang diperoleh dari PT. Nippon Shukobai, Cilegon dan butanol diperoleh dari PT. Petro Oxo Nusantara, Gresik. Lokasi pabrik didirikan di kawasan industri Cilegon, Banten. Perusahaan akan didirikan dengan badan hukum Perseroan Terbatas (PT), dengan jumlah karyawan 140 orang. Pabrik beroperasi selama 330 hari dalam setahun, dengan proses produksi selama 24 jam/hari dan luas tanah yang diperlukan adalah 11.179 m². Butil akrilat dibuat dengan mereaksikan asam akrilat dan butanol dengan katalis DBSA dan inhibitor MEHQ di dalam reaktor alir tangki berpengaduk yang disusun seri pada suhu 80°C dan tekanan 1 atm. Reaksi bersifat eksotermis sehingga untuk menjaga suhu reaksi diperlukan pendingin air. Hasil keluar reaktor berupa campuran butil akrilat, butanol, air, DBSA, MEHQ dan asam akrilat, dialirkan ke dalam dekanter untuk memisahkan antara fasa ringan dan fasa berat. Fase berat diteruskan menuju Unit Pengolahan Lanjut (UPL). Fase ringan berupa butil akrilat, butanol, dan air dipisahkan di dalam menara distilasi (MD). Utilitas yang diperlukan oleh pabrik butil akrilat berupa air dari PT Krakatau Tirta Industri sebanyak 56.223,82 kg/jam dengan air *make up* sebanyak 6.813,65 kg/jam. *Steam* yang digunakan sebagai media pemanas adalah steam jenuh pada suhu 150°C tekanan 3 atm sebanyak 393,44 kg/jam. Daya listrik sebesar 204,35 kW disuplai dari PLN dengan cadangan 1 buah generator berkekuatan 450 kW. Pabrik ini membutuhkan *Fixed Capital* Rp 289.999.489.790. *Working Capital* sebesar Rp 125.338.182.634. Analisis ekonomi pabrik n-butyl Akrilat ini menunjukkan nilai ROI sebelum pajak sebesar 54% dan ROI sesudah pajak sebesar 43%. Nilai POT sebelum pajak adalah 1,6 tahun dan POT sesudah pajak adalah 1,9 tahun. BEP sebesar 40,84% kapasitas produksi dan SDP sebesar 28,07% kapasitas produksi. DCF sebesar 30,1%. Berdasarkan data analisis ekonomi tersebut, maka pabrik butil akrilat ini layak untuk didirikan.

Keywords : Asam Akrilat, Butanol, Butil Akrilat.

ABSTRAK

The polymer industry develops along with the times. Various kinds of polymer products can be used in everyday life, one example is butyl acrylate which can be used in the paint coating industry, ink, paper and others. Therefore, this factory is important to be established to meet domestic consumption needs. The butyl acrylate plant was designed with a capacity of 20.000 tons/year, using acrylic acid raw materials obtained from PT Nippon Shukobai, Cilegon and butanol obtained from PT Petro Oxo Nusantara, Gresik. The plant is located in the industrial area of Cilegon, Banten. The company will be established under the legal entity of Limited Liability Company (PT), with 140 employees. The plant operates for 330 days a year, with a production process for 24 hours/day and the required land area is 11.179 m². Butyl acrylate is made by reacting acrylic acid and butanol with DBSA catalyst and MEHQ inhibitor in a series stirred tank flow reactor at 80°C and 1 atm pressure. The reaction is exothermic so to maintain the reaction temperature, water cooling is needed. The reactor outlet is a mixture of butyl acrylate, butanol, water, DBSA, MEHQ and acrylic acid, flowed into the decanter to separate the light phase and heavy phase. The heavy phase is forwarded to the Advanced Processing Unit (UPL). The light phase of butyl acrylate, butanol and water are separated in the distillation tower (MD). Utilities required by the butyl acrylate plant in the form of water from PT Krakatau Tirta Industri as much as 56.223,82 kg / hour with make up water as much as 6.813,65 kg / hour. Steam used as a heating medium is saturated steam at 150°C pressure 3 atm as much as 393,44 kg / hour. Electrical power of 204,35 kW is supplied from PLN with a backup of 1 generator with a power of 450 kW. This plant requires Fixed Capital of Rp 289.999.489.790. Working Capital of Rp 125.338.182.634. The economic analysis of this n-butyl acrylate plant shows a pre-tax ROI value of 54% and a post-tax ROI of 43%. The pre-tax POT value is 1,6 years and the post-tax POT is 1,9 years. BEP is 40,84% of production capacity and SDP is 28,07% of production capacity. DCF is 30,1%. Based on the economic analysis data, the butyl acrylate plant is feasible to be established.

Keywords : Acrylic Acid, Butanol, Butyl Acrylate.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan zaman yang disertai dengan perkembangan industri berpengaruh terhadap pertumbuhan ekonomi di Indonesia. Pembangunan industri yang begitu pesat sebagai pusat pembentukan struktur ekonomi yang memiliki dampak jangka panjang, perkembangan zaman dapat mempengaruhi dunia perindustrian dalam hal teknologi khususnya pada industri kimia. Adanya perkembangan ini berdampak pada penemuan-penemuan baru yang mengakibatkan inovasi pada teknologi yang lebih efisien dan efektif apabila dimanfaatkan dengan baik. Industri kimia merupakan salah satu industri yang memiliki dampak besar di Indonesia dikarenakan mempunyai peran penting dalam mendukung industri-industri lainnya, industri polimer merupakan salah satu industri yang cukup berdampak besar dikarenakan pada zaman sekarang bahan-bahan keseharian dapat diperoleh dengan mereaksikan beberapa polimer salah satu contohnya merupakan n-Butil Akrilat.

Salah satu bahan dasar pembuatan produk polimer adalah ester akrilat misalnya, butil akrilat. Selama ini untuk kebutuhan butil akrilat dalam negeri dipenuhi oleh impor. Sehingga pendirian pabrik butil akrilat sangat potensial didirikan di Indonesia untuk menunjang kebutuhan bahan-bahan berbasis polimer. Selain pertimbangan tersebut, pendirian pabrik ini mampu menciptakan lapangan pekerjaan baru sehingga mengurangi jumlah pengangguran, memicu pertumbuhan industri-industri baru baik industri penghasil bahan baku butil akrilat, seperti asam akrilat dan butanol, maupun industri pengguna butil akrilat sebagai bahan bakunya terutama industri polimer, mengurangi ketergantungan pada negara asing dan meningkatkan pendapatan negara dari sektor industri, serta menghemat devisa negara memenuhi kebutuhan pasar dalam negeri yang diharapkan mampu meningkatkan devisa negara.

Masuknya butil akrilat kedalam dunia industri kimia memiliki potensi yang cukup besar baik di masa sekarang maupun dalam jangka waktu yang panjang

dikarenakan dengan adanya produksi butil akrilat sebagai bahan dasar polimer yang memiliki cukup banyak kegunaan di kehidupan sehari-hari baik dalam cakupan dunia kebutuhan rumah tangga maupun kebutuhan industri.

Berdasarkan beberapa factor tersebut maka pemilihan pabrik n-Butil Akrilat ini layak didirikan di Indonesia karena memiliki keuntungan yang cukup luas diantaranya :

1. Menghemat pengeluaran negara, dengan adanya pabrik Butil Akrilat di Indonesia akan mengurangi impor dari luar negeri dan juga harga produk akan jauh lebih murah dikarenakan diproduksi langsung dalam negeri.
2. Menambah pendapatan negara, disamping menghemat anggaran negara adanya pabrik ini di Indonesia dapat meningkatkan pendapatan negara dengan cara mengekspor produk ke luar negeri sebagai bahan baku industry.
3. Membuka lapangan kerja baru, dengan dibagunnya sebuah industry akan membutuhkan tenaga kerja besar yang dapat mengurangi jumlah pengangguran dan dapat meningkatkan taraf hidup serta perekonomian di Indonesia.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Pembuatan n-Butil Akrilat dapat diperoleh dengan mereaksikan asam akrilat dengan n-Butanol sebagai bahan baku pembuatan produk. Untuk bahan asam akrilat dapat diperoleh langsung di beberapa pabrik yang telah beroperasi di Indonesia contohnya PT. Nippon Shokubai, Cilegon dengan kapasitas produksi 140.000 Ton/Tahun, sedangkan untuk bahan baku n-Butanol dapat diperoleh melalui PT. Oxo Nusantara, Gresik dengan kapasitas produksi 30.000 Ton/Tahun. Untuk bahan katalis DBSA (*Dedokyl Benzene Sulfurid Acid*) diperoleh melalui Tianjin Chengyuan Chemical Co.,ltd, China dengan kapasitas produksi 60.000 Ton/Tahun. Sedangkan untuk bahan baku inhibitor MEHQ (*Monomthyl Ether of Hydroquinone*) diperoleh melalui Hebei Yanxi(Shandong) Chemical Co.,ltd. China.

1.2.1 Supply

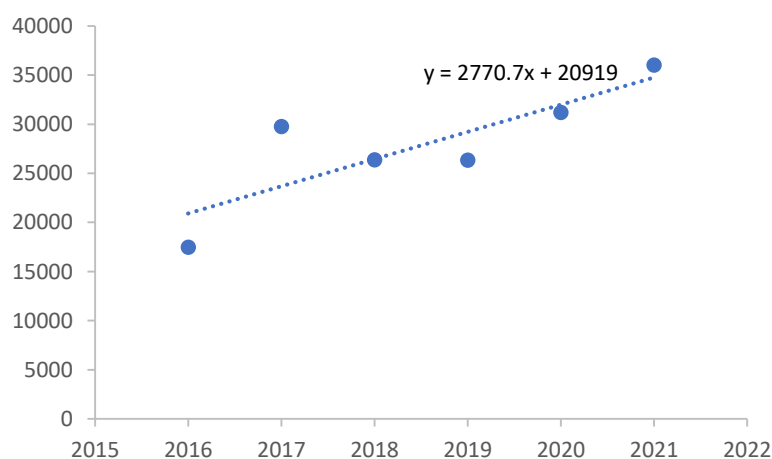
1. Import

Perhitungan kapasitas pabrik membutuhkan beberapa factor sebagai peninjau utama untuk kapasitas pabrik yang akan didirikan seperti contoh kebutuhan pasar, ketersediaan bahan baku dan data impor ekspor produk yang akan dibuat. Berdasarkan data impor produksi n-Butil Akrilat dari seluruh dunia yang masuk ke Indonesia pada tahun 2016 hingga 2021 sebagai berikut :

Tabel 1. 1 *Data Kebutuhan Impor n-Butil Akrilat di Indonesia*

Tahun ke-	Tahun	Impor Ester Acrilic Acid (Ton/Tahun)
0	2016	17.463,992
1	2017	29.741,590
2	2018	26.362,802
3	2019	26.323,785
4	2020	31.181,745
5	2021	36.002,803

(Sumber : bps.go.id, 2022)



Gambar 1. 1 *Grafik Data Impor n-Butil Akrilat di Indonesia*

Dari data tabel 1.1 dan gambar 1.1 untuk kebutuhan impor n-Butil Akrilat di Indonesia akan terus meningkat setiap tahunnya. Berdasarkan *trendline* gambar 1.1 dari data impor n-Butil Akrilat diperoleh persamaan:

$$y = 2770,7x + 20919 \quad (1.1)$$

dengan

x = tahun ke- x

y = kebutuhan produk pada tahun ke- x (ton/tahun)

Sehingga dapat diperkirakan pada tahun 2027 diperoleh kebutuhan impor n-Butil Aktilat dengan menggunakan persamaan (1.1) yaitu $= 2770,7 (11) + 20919 = 51.396,7$ ton/tahun.

2. Produksi

Pabrik yang telah berdiri, beroperasi dan menghasilkan Butil Akrilat di Indonesia yaitu PT. Nippon Shokubai dengan kapasitas 40.000 Ton/Tahun.

1.2.2 Demand

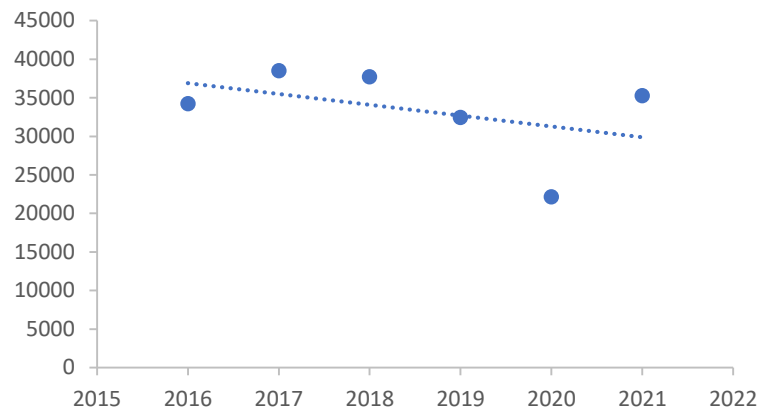
1. Ekspor

Berdasarkan data ekspor n-Butil Akrilat yang keluar dari Indonesia pada tahun 2016 hingga 2021 yang diperoleh dari BPS (Badan Pusat Statistik) sebagai berikut :

Tabel 1. 2 *Data Ekspor n-Butil Akrilat di Indonesia*

Tahun ke-	Tahun	Ekspor Ester Acrilic Acid (Ton/Tahun)
0	2016	34.204,314
1	2017	38.502,293
2	2018	37.706,834
3	2019	32.430,377
4	2020	22.115,939
5	2021	35.266,320

(Sumber : bps.go.id, 2022)



Gambar 1. 2 Grafik data ekspor n-Butil Akrilat di Indonesia

Dari data tabel 1.2 dan gambar 1.2 untuk kebutuhan ekspor n-Butil Akrilat di Indonesia akan terus meningkat setiap tahunnya. Berdasarkan *trendline* gambar 1.2 dari data ekspor n-Butil Akrilat diperoleh persamaan:

$$y = -1403,6x + 36880 \quad (1.2)$$

dengan

x = tahun ke- x

y = kebutuhan konsumsi pada tahun ke- x (ton/tahun)

Sehingga dapat diperkirakan pada tahun 2027 diperoleh kebutuhan ekspor n-Butil Aktilat dengan menggunakan persamaan (1.1) yaitu $= -1403,6(11) + 36880 = 21.440,4$ Ton/Tahun.

2. Konsumsi

Menurut Jurnal yang dipublikasikan oleh UNEP Publish diperoleh penggunaan butyl akrilat sebagai bahan baku produk sebagai berikut

Tabel 1. 3 Data Penggunaan Butil Akrilat

Penggunaan	Persen	Kebutuhan (Ton/Tahun)
Pelapis Cat	44%	9.433,776
Bahan Perekat	18%	3.859,272
Tekstil	15%	3.216,06
Zat Aditif Plastik	9%	1.929,636
Kertas	5%	1.072,02
Lain-lain	9%	1.929,636

Maka berdasarkan Tabel 1.4 diperoleh perkiraan penggunaan butyl akrilat pada tahun 2027 sebesar 9.433,776 Ton/Tahun

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas} &= \text{Supply} - \text{Demand} \\ &= (\text{Import} + \text{Produksi}) - (\text{Ekspor} + \text{Konsumsi}) \\ &= (51.396,7 + 40.000) - (21.440,4 + 9.433,776) \\ &= 91.396,7 - 30.874,176 \\ &= 60.522,524 \end{aligned}$$

Berdasarkan perolehan data dan kebutuhan produk butil akrilat dalam negeri maka diputuskan untuk kapasitas pabrik ini adalah 20.000 Ton/Tahun dengan pertimbangan kapasitas supply bahan baku butanol hanya berkapasitas 30.000 Ton/Tahun.

1.3 Tinjauan Pustaka

N-Butil Akrilat memiliki nomor senyawa ($C_7H_{12}O_2$) atau yang dikenal dengan nama kimia *Butil 2-propeonate*, *Acrylic acid butyl ester* dengan sifat kimia yang mudah menguap, sukar larut di dalam air dan terlarut di dalam alkohol, eter dan pelarut organic. Butil akrilat berbentuk cairan yang mudah terbakar dan memiliki bau yang cukup menyengat, senyawa ini dapat diperoleh dengan mereaksikan Asam Akrilat (C_2H_3COOH), n-Butanol ($CH_3(CH_2)_3OH$) dan dengan ditambahkan katalis berupa *Dedokyl Benzene Sulfurid Acid* ($C_{18}H_{30}O_3S$) dan *Monomthyl Ether of Hydroquinone* ($CH_3OC_6H_4OH$) sehingga menghasilkan butil akrilat dan air sebagai produk sampingnya.

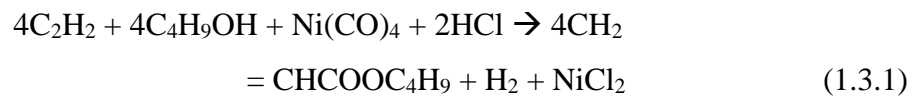
n-Butil Akrilat merupakan bahan dasar polimer yang memiliki jenis ester akrilat yang banyak digunakan dibandingkan dengan ester akrilat lainnya dikarenakan saat penyimpanan produk lebih mudah dibandingkan dengan ester akrilat lainnya karena sifat kimia dari butil akrilat yang memiliki tingkat korosif yang lebih rendah oleh karena itu, produk ini memiliki prospek jangka panjang yang cukup baik di Indonesia. Tidak hanya dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri produk ini juga mampu bersaing di pasar internasional dikarenakan n-Butil Akrilat dapat digunakan menjadi bahan baku yang cukup beragam. n-Butil Akrilat dapat dimanfaatkan sebagai homopolymer atau polimer linier yang terdiri dari monomer yang serupa dan kopolimer atau polimer yang terdiri dari lebih dari satu monomer yang dapat dikombinasikan dengan asak akrilat, amida, ester methakrilat, akrilonitril, asam maleat, vinil asetat, vinil klorida, stirena, butadiene, unsaturated polyester dan drying oil. Hasil dari kombinasi monomer tersebut dapat dijadikan sebagai produk zat terdispersi atau pelarut (*European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemical, 2015*).

Tidak hanya sebagai campuran polimer n-butil akrilat juga memiliki kegunaan dalam dunia industry yang dapat digunakan sebagai pelapis seperti lateks, refinishing material, pelapis cat pada industry otomotif, tinta, bahan perekat, seal, tekstil seperti fiber, warp, back coat, plastic seperti PVC, molding, extrusion additive dan elastomer atau sebuat molekul yang dapat Kembali ke bentuk semula setelah ditarik memanjang (*Basic Acrylic Monomer Manufacturies Inc., 2015*). Dalam pembuatan n-butil akrilat terdapat beberapa cara pembuatan yang dapat dilakukan, antara lain :

1. Proses Reppe

Pada proses ini menggunakan bahan baku dari asetilen, n-butanol, nikel karbonil, asam klorida. Pada proses ini bahan baku akan direaksikan langsung dengan karbon monoksida (CO) dan n-butanol dengan suasana asam, reaksi berlangsung pada reactor tangki berpengaduk dengan 1 tahapan reaksi, reaksi terjadi pada suhu 40°C dengan tekanan 1 atm. Produk dari reaksi ini adalah n-butil akrilat dengan hydrogen dan Ni-kloride sebagai produk sampingnya.

Perbandingan rasio mol asetilen : karbon monoksida adalah 1:1 dengan reaksi sebagai berikut



Adapula kelemahan pada proses ini adalah adanya kesulitan dalam penanganan racun yang dihasilkan dari asetilen dan Ni-kloride, bahan baku yang cukup mahal seperti nikel karbonil (Kirk and Othmer, 1991).

2. Proses Etilen Sianohidrin

Pada proses ini menggunakan bahan baku dari etilen oksida, hydrogen sianida (HCN), asam sulfat dan alkohol. Pada proses ini etilen sianohidrin akan dibuat dari reaksi antara etilen oksida dan hydrogen sianida, produk dari reaksi akan dihidrolisa sehingga menghasilkan asam akrilat dan ammonium sulfat sebagai produk sampingnya. Lalu selanjutnya asam akrilat akan direaksikan dengan alcohol sehingga terbentuk ester akrilat, proses ini terjadi di reactor tangki berpengaduk dengan 2 tahapan reaksi dengan kelemahan sulitnya penanganan bahan baku hydrogen sianida karena merupakan senyawa yang sangat beracun dan memiliki titik didih yang cukup tinggi yaitu 256°C dan sulitnya penanganan ammonium sulfat karena cukup beracun bagi manusia (Kirk and Othmer, 1991).

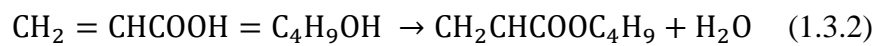
3. *Process Goodrich* (Ketene Proses)

Pada proses ini menggunakan bahan baku dari asam akrilat, formaldehid dan alcohol. Untuk proses awal bahan baku asam akrilat akan dihidrolisa atau mengurangi zat yang disebabkan karena adanya air pada senyawa sehingga terbentuk ketene, setelah proses hidrolisa selesai produk akan direaksikan dengan formaldehid sehingga membentuk β -propiolaktone yang kemudian akan direaksikan kembali dengan alcohol sehingga terbentuk ester akrilat dan ammonium acid sulfate sebagai produk samping. Kelemahan daripada proses ini adalah alur proses reaksi yang cukup panjang sehingga sudah ditinggalkan dan produk sampingan yang berupa

ammonium acid sulfate yang sifatnya sangat beracun dan berbahaya bagi manusia (Mc. Ketta, 1977).

4. Proses Esterifikasi Asam Akrilat

Pada proses ini menggunakan menggunakan bahan baku asam akrilat dan n-butanol. Untuk proses pembuatan n-butil akrilat bahan baku asam akrilat akan direaksikan dengan n-butanol dengan bantuan katalis DBSA dan MEOH sehingga terbentuk n-butil akrilat, reaksi ini terjadi di reactor tangki berpengaduk dengan suhu 70-130°C dan tekanan 1 atm dengan reaksi



Berdasarkan reaksi tersebut tidak hanya menghasilkan produk n-butil akrilat tetapi juga menghasilkan air sebagai produk sampingnya. Adapula kelebihan dari proses ini adalah proses yang dilakukan sederhana, bahan baku dan katalis yang digunakan memiliki nilai ekonomis yang cukup murah, konversi hasil yang cukup tinggi, lebih efisiensi dalam alat yang digunakan.

Tabel 1.5 Perbandingan metode pembuatan n-butil akrilat

Proses	Reppe	Etilen Sianohidrin	Goodrich (ketene)	Esterifikasi
Bahan baku	Asetilen n-butanol nikel karbonil asam klorida	Etilen oksida HCN Asam sulfat Alcohol	Asam akrilat Formaldehid Alcohol	Asam akrilat n-butanol
Kondisi Proses	40°C, 1 atm	-	-	70-130°C, 1 atm
Reaksi	1 tahap	2 tahap	2 tahap	1 tahap
Reaktor	RATB	RATB	-	RATB
Produk samping	Hydrogen Ni-kloride	-	Ammonium acid sulfate	Air

Kelemahan	- Kesulitan dalam penanganan racun - Mahalnya nikel karbonil	Timbul masalah dalam penanganan HCN dan limbah NH_4HSO_4	- Melalui banyak tahapan reaksi. - Produk bersifat racun	-
Kelebihan	-	-	-	- Satu tahap reaksi. - Konversi tinggi. - Kemurnian tinggi. - Tidak menimbulkan racun. - Mengurangi arus recycle. - Efisiensi alat. - Mudah dalam penanganan produk

Berdasarkan keempat metode proses pembuatan n-butyl akrilat diatas maka terpilihlah metode proses pembuatan n-butyl akrilat dengan esterifikasi asam akrilat dikarenakan beberapa kelebihan yang dimiliki oleh proses esterifikasi terutama pada hasil konversi yang tinggi, hasil samping yang tidak berbahaya atau beracun dan penanganan produk yang mudah.

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

Tinjauan termodinamika merupakan tinjauan yang menjelaskan sifat daripada reaksi yang terjadi serta perhitungan dan penentuan sifat panas reaksi, tinjauan termodinamika dapat diperoleh melalui data yang tersedia pada buku Yaws Chemical Properties Handbook 1991 dan J.M Smith, Hendrick Van Ness, M.M Abbott, M.T Swihart Chemical engineering Thermodynamics. Reaksi yang terjadi pada reactor tangki alir berpengaduk dengan suhu 80°C tekanan 1 atmosfer dan selektifitas 90% yaitu:



Berdasarkan data energi gibs dan enthalpi yang dari kedua buku tersebut maka diperoleh hasil:

Tabel 1.6 Data Enthalpi dan Energi Gibs Pembentukan

Komponen	ΔH_r 298K (j/mol)	ΔG_r 298K (j/mol)
$\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2$	-336,23	-286,06
$\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$	-274,43	-150,67
$\text{C}_7\text{H}_{12}\text{O}_2$	-395,05	-233,00
H_2O	-241,80	-228,60

$$\begin{aligned} \Delta H_r 298\text{K} &= \sum \Delta H_{\text{Produk}} - \Delta H_{\text{Reaktan}} & (1.4.2) \\ &= (-395,05 + (-241,80)) - (-336,23 + (-274,43)) \\ &= -26,19 \text{ j/mol} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan enthalpi diperoleh hasil -26.19 j/mol, berdasarkan hasil bernilai negative yang menandakan bahwa reaksi yang terjadi bersifat eksotermis atau terjadinya perpindahan kalor dari system ke lingkungan yang menandakan reaksi tersebut mengeluarkan panas.

$$\begin{aligned} \Delta G_r 298\text{K} &= \sum \Delta G_{\text{Produk}} - \Delta G_{\text{Reaktan}} & (1.4.3) \\ &= (-233,00 + (-228,60)) - (-286,06 + (-150,67)) \\ &= -24,87 \frac{\text{j}}{\text{mol}} \end{aligned}$$

Konstanta kesetimbangan reaksi asam akrilat dan n-butanol sehingga membentuk n-butyl akrilat dapat ditentukan berdasarkan persamaan :

$$\frac{d \ln k}{dt} = \frac{\Delta H_r}{RT^2}$$

$$\Delta G_r = -RT \ln K \quad (1.4.4) \quad (\text{Smith, 1981})$$

Dari Penjabaran didapatkan persamaan :

$$\frac{\ln K_1}{K_2} = \frac{\Delta H_r}{R} \left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right] \quad (1.4.5) \quad (\text{Smith, 1981})$$

$$\Delta G_r = -RT \ln K$$

$$-\frac{24,87 \text{ j}}{\text{mol}} = -\left(\frac{8,314 \text{ j}}{\text{mol}}\right) (298\text{K}) (\ln K_{298})$$

$$K_{298} = 1,010$$

$$\frac{\ln K_1}{K_2} = \frac{\Delta H_r}{R} \left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right]$$

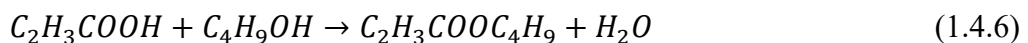
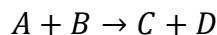
Pada temperature operasi 80°C (353K), harga K:

$$\frac{\ln K_{353}}{K_{298}} = \left(-\frac{24,87}{8,314}\right) \left[\frac{1}{353} - \frac{1}{298}\right]$$

$$K_{353} = 1,008$$

Dikarenakan nilai dari $K > 1$ atau mendekati nilai 1, maka reaksi cenderung bergerak ke kanan menandakan bahwa reaksi yang terjadi berlangsung secara irreversible yang merupakan reaksi satu arah, tidak ada keadaan setimbang dan reaksi tidak dapat berbalik.

Tinjauan Kinetika merupakan penjelasan dari data kinetika yang terjadi pada reaksi pembuatan produk seperti orde reaksi, konstanta laju reaksi, selektivitas dan rasio mol reaktan.



$$\frac{r_{AA} \text{ kmol}}{m^2 s} = k_1 \exp \left[\frac{k_2}{RT} \right] \left[\frac{\alpha_{BuOH} - \frac{1}{K_a} \alpha_{BA} \alpha_{H_2O}}{k_3 \alpha_{BuOH} + \alpha_{AA} + k_4 \alpha_{H_2O}} \right] \quad (1.4.7)$$


$$k = 0,01254 \frac{L}{gmol} \cdot menit$$

Nilai k diperoleh dari US Patent No 3 875 212.

BAB II
PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

2.2.1 n-Butil Akrilat

Rumus Molekul	: $C_2H_3COOC_4H_9$
Bentuk, 30 °C 1 atm	: Cair
Bau	: Menyengat
Berat molekul (BM)	: 128,1706 g/mol
Kemurnian	: 99,5%
Titik Beku (1atm)	: -65 °C
Titik Didih (1atm)	: 148 °C
Densitas (ρ)	: 0,8940 kg/liter
Kelarutan	: 0,2 g / 100 g H ₂ O air pada 25 °C
Suhu dapar membakar diri sendiri	: 292 °C
Flamabilitas	: Mudah Terbakar
Rapat (densitas) relative	: 4,42
Simbol Bahaya	: 

Pernyataan Bahaya

Tabel 2.1 *Pernyataan Berbahaya n-Butil Akrilat*

Kode	Keterangan
H226	Cairan atau uap mudah menyala
H332	Berbahaya jika dihirup
H315	Menyebabkan iritasi kulit
H319	Menyebabkan iritasi mata serius
H317	Dapat menyebabkan reaksi alergi pada kulit

H335	Dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernafasan
------	---

Pernyataan Kehati-hatian Pencegahan

Tabel 2.2 *Pernyataan Kehati-hatian Pencegahan n-Butil Akrilat*

Kode	Keterangan
P210	Jauhkan dari panas, permukaan panas, percikan, api terbuka dan sumber penyulut lain. Dilarang merokok
P271	Hanya digunakan ditempat terbuka atau berventilasi baik
P280	Gunakan sarung tangan pelindung/baju pelindung/kaca mata pelindung/pelindung wajah
P240	Ground/bond container dan alat penerimaan
P241	Gunakan ledakan-bukti listrik/ventilasi/lampu/peralatan intrinsic aman
P242	Gunakan hanya peralatan yang tidak memercik api
P243	Ambil tindakan pencegahan terhadap tegangan statis
P261	Hindari menghirup debu/gas/uap
P272	Baju kerja yang terkontaminasi tidak boleh dibawa keluar ruang kerja

Pernyataan Kehati-hatian Tanggapan

Tabel 2.3 *Pernyataan Kehati-hatian Tanggapan n-Butil Akrilat*

Kode	Keterangan
P370+P378	Dalam kasus kebakaran: gunakan busa tanah alcohol atau busa protein normal untuk kepunahan
P302+P352	JIKA TERKENA KULIT: cuci dengan banyak sabun dan air
P305+P351+P338	Jika dimata: bilas dengan air dengan hati-hati untuk beberapa menit. Keluarkan lensa kontak, bila ada dan mudah dilakukan. Lalu bilas

P312	Panggil RACUN CENTER/dokter/pertolongan pertama /jika anda merasa tidak enak badan
P333+P313	Jika iritasi kulit atau peradangan terjadi: cari petunjuk medis
P337+P313	Jika iritasi mata berlangsung: cari petunjuk medis
P362+P364	Lepaskan pakaian yang terkontaminasi: dan mencucinya sebelum digunakan kembali
P303+361+353	Jika dikulit (atau rambut): tanggalkan semua pakaian yang terkontaminasi dengan segera. Bilas kulit dengan air dan mandi
P304+340	Jika terhirup: hapus korban ke udara segera dan tetap nyaman untuk bernafas

Pernyataan Kehati-hatian Penyimpanan

Tabel 2.4 *Pernyataan Kehati-hatian Penyimpanan n-Butil Akrilat*

Kode	Keterangan
P403+P235	Simpan ditempat yang berventilasi baik. Jaga area tetap dingin
P405	Simpan dalam tempat terkunci
P403+P233	Simpan ditempat yang berventilasi baik. Jaga agar kemasan tetap tertutup dengan aman

Pernyataan Kehati-hatian Pembuangan

Tabel 2.5 *Pernyataan Kehati-hatian Pembuangan n-Butil Akrilat*

Kode	Keterangan
P501	Buang isi/ wadah ke TPA resmi kimia atau jika organik untuk insinerasi suhu tinggi

2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

2.2.1 Bahan Baku

1. Asam Akrilat

Rumus Molekul	: C_2H_3COOH
Bentuk, 30°C 1 atm	: Cairan Bening
Berat Molekul (BM)	: 72,0634 g/mol
Titik Leleh (1 atm)	: 13°C
Titik Didih (1 atm)	: 141°C
Densitas (ρ)	: 1,0460 kg/liter
Kelarutan	: 618 gr/100 gr air pada 25°C
Suhu Kritis	: 380°C
Berat Jenis	: 1.045 kg/m ³
Viskositas	: 1,149 mPa.s
Panas Pembakaran	: 1.376kJ/mol
Flash Point	: 48°C
Purify	: 99% min
Warna, APHA	: 10 max
Air	: 0,3% max
Inhibitor	: 200 ppm (MEHQ)

Simbo Bahaya : 

Pernyataan Bahaya

Tabel 2.6 *Pernyataan Bahaya Asam Akrilat*

Kode	Keterangan
H226	Cairan dan uap mudah menyala
H302+H312 +H332	Berbahaya jika tertelan, terkena kulit atau bila terhirup
H314	Menyebabkan kulit terbakar yang parah dan kerusakan mata
H335	Dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernafasan
H410	Sangat toksik pada kehidupan perairan dengan efek jangka panjang. pernyataan pencegahan
P210	Jauhkan dari panas/percikan/api terbuka/permukaan yang panas. Dilarang merokok
P273	Hindari pelepasan ke lingkungan
P280	Kenakan sarung tangan pelindung/pakaian pelindung /pelindung mata/pelindung wajah
P303+P361+ P353	JIKA TERKENA KULIT(atau rambut): tanggalkan segera semua pakaian yang terkontaminasi. Bilas kulit dengan air
P304+P340+ P310	JIKA TERHIRUP: pindahkan korban ke udara segar dan posisikan yang nyaman untuk bernafas. Segera hubungi SENTRA INFORMASI KERACUNAN atau dokter/tenaga medis.
P305+P351+ P338	JIKA TERKENA MATA: bilas dengan seksama dengan air untuk beberapa menit. Lepaskan lensa kontak jika memakai dan mudah melakukannya. Lanjutkan membilas

2. N-Butanol

Rumus Molekul : $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH}$

Bentuk, 30°C 1 atm : Cairan Bening

Bau : Menyengat

Berat Molekul (BM) : 74,1224 g/mol

Kemurnian : 99,5%

Titik Leleh (1 atm) : -79,9°C

Titik Didih (1 atm) : 117°C

Densitas(ρ) : 0,8060 kg/liter

Berat Jenis : 810,5 kg/m³

Kelarutan : 9,5 gr/100 gr H₂O air pada 25°C

Panas Pembakaran : 1376 kJ/mol

Flash Point : 26-29°C

Stabilitas : Stabil dalam kondisi biasa

Simbol Bahaya : 

Pernyataan Bahaya

Tabel 2.7 *Pernyataan Bahaya n-Butanol*

Kode	Keterangan
H226	Cairan dan uap mudah menyala
H302	Berbahaya jika tertelan
H315	Menyebabkan iritasi kulit
H318	Menyebabkan kerusakan mata yang serius
H335	Dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernafasan
H336	Dapat menyebabkan mengantuk dan pusing

Pernyataan Kehati-hatian

Tabel 2.8 *Pernyataan Kehati-hatian n-Butanol*

Kode	Keterangan
P210	Jauhkan dari panas/percikan/api terbuka/permukaan yang panas, dilarang merokok
P233	Jaga wajah tertutup rapat
P208	Kenakan sarung tangan/pakaian pelindung/pelindung mata/pelindung wajah/pelindungan pendengaran
P301+P312	JIKA TERTELAN: hubungi SENTRA INFORMASI KERACUNAN atau dokter/tenaga medis jika merasa tidak sehat
P303+P361 +P353	JIKA TERKENA KULIT(atau rambut): tanggalkan segera semua pakaian yang terkontaminasi. Bilas kulit dengan air
P305+P351 +P338	JIKA TERKENA MATA: bilas dengan seksama dengan air untuk beberapa menit. Lepaskan lensa kontak jika memakainya dan mudah melakukannya. Lanjutkan membilas.

2.2.2 Bahan Pendukung

1. Dedokyl Benzene Sulfurid Acid

Rumus Molekul : $C_{18}H_{30}O_3S$

Bentuk, 30°C. 1 atm : Cairan Cokelat

Berat Molekul (BM) : 322 g/mol

Kemurnian : 100%

Titik Lebur(1 atm) : 10 °C

Titik Didih (1 atm) : 315 °C

Densitas : 0,8490 kg/liter

Kelarutan : 0,001015 g / 100 g H₂O gr air pada 25 °C

Simbol Bahaya : 

Pernyataan Bahaya:

Tidak tersedia

2. MEHQ (*Monomthyl Ether of Hydroquinone*)

Rumus Molekul : $\text{CH}_3\text{OC}_6\text{H}_4\text{OH}$

Bentuk, 30°C. 1 atm : Cair

Berat Molekul (BM) : 124,14 g/mol

Kemurnian : 100%

Titik Lebur(1 atm) : 53 °C

Titik Didih (1 atm) : 243 °C

Densitas : 0,1104 kg/liter

Kelarutan : 0,0187 g / 100 g H₂O gr air pada 25 °C

Simbol Bahaya : 

Pernyataan Bahaya

Tabel 2.9 *Pernyataan Bahaya Monomthyl Ether of Hydroquinone*

Kode	Keterangan
H302	Berbahaya jika tertelan
H317	Dapat menyebabkan reaksi alergi pada kulit
H319	Menyebabkan iritasi mata
H361d	Dapat mengganggu bayi yang dalam kandungan
H412	Berbahaya bagi ekosistem air dalam jangka waktu yang panjang

Pernyataan Kehati-hatian

Tabel 2.10 *Pernyataan Kehati-hatian Monomnethyl Ether of Hydroquinone*

Kode	Keterangan
P201	Terdapat instruksi khusus sebelum menggunakan
P237	Hindari membuang ke lingkungan
P280	Mengenakan sarung tangan pelindung/pakaian pelindung/ pelindung mata/pelindung wajah
P308+P313	Jika terpapar: mendapatkan saran/perhatian dari medis
P333+P313	Jika terjadi iritasi kulit: mendapatkan saran/ perhatian dari medis
P337+P313	Jika terpapar iritasi mata: mendapatkan saran/perhatian dari medis

3. Air

Rumus Kimia : H_2O

Berat Molekul (BM) : 18 kg/kmol

Fase : Cair

Komposisi : 100% air

Titik Didih (1 atm) : $100^{\circ}C$

Titik Leleh (1 atm) : $0^{\circ}C$

Densitas : $0,9998 \text{ kg/m}^3$; $20^{\circ}C$

Kapasitas Panas : $17,99 \text{ Kcal/Kmol.K}$

Panas pembentukan : $-68,06 \text{ Kcal/kmol}$

Simbol bahaya : Tidak tersedia

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas atau yang biasa disebut dengan *Quality Control* merupakan suatu proses yang digunakan dalam pembuatan maupun dalam pelaksanaan disebuah usaha sebagai peninjau kualitas daripada semua kegiatan proses produksi. Pengendalian kualitas juga diugunakan sebagai salah satu point standarisasi akan sebuag produksi, menganalisis suatu produk yang akan dibuat, menganalisis akan tindakan apabila terjadi kesalahan atau keliruan yang dilakukan saat proses pembuatan produk berlangsung demi hasil akhir produk yang maksimal. Pada pabrik Butil Akrilat ini menggunakan beberapa pengendalian kualitas yang meliputi pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses dan pengendalian kualitas produk.

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku merupakan bagaimana mengelola suatu bahan baku yang akan di proses menjadi produk, kualitas bahan baku merupakan factor utama yang akan menentukan bagaimana hasil daripada produk yang akan dibuat. Apabila kualitas bahan baku tidak sesuai dengan standarisasi maka hasil produk akan kurang maksimal begitu juga sebaliknya apabila kualitas bahan baku diatas atau sesuai dengan standarisasi maka hasil dari produk akan bisa maksimal. Oleh karena itu sebelum bahan baku yang akan dibuat menjadi suatu produk maka ada sebuah pengujian bahan baku guna untuk memperoleh hasil produk yang maksimal.

2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses

Pengendalian produksi dilakukan untuk menjaga kualitas produk yang akan dihasilkan, dan sudah harus dilakukan sejak dari bahan baku sampai menjadi produk. Selain pengawasan mutu bahan baku, bahan pembantu, produk setengah jadi maupun produk penunjang mutu proses. Semua pengawasan mutu dapat dilakukan analisa di laboratorium maupun menggunakan alat kontrol.

2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian kualitas pada proses dalam sistem produksi merupakan pengendalian kualitas terhadap proses produksi untuk menjaga kualitas produk yang akan dihasilkan, dan dimulai dari bahan baku sampai menjadi produk. Sehingga diperlukan alat kontrol untuk setiap proses yang berlangsung yaitu instrumentasi. Instrumentasi adalah peralatan yang dipakai didalam suatu proses kontrol untuk mengatur jalannya suatu proses agar diperoleh hasil yang sesuai dengan yang diharapkan. Alat – alat intrumentasi dipasang pada setiap peralatan dengan tujuan agar para *engineer* dapat memantau dan mengontrol jalannya proses produksi dilapangan. Dengan adanya instrumentasi ini pula, para *engineer* dapat segera melakukan tindakan apabila terjadi kesalahan dalam proses. Pada dasarnya pengendalian tersebut adalah agar kondisi proses di pabrik mencapai tingkat kesalahan (*error*) yang paling minimum sehingga produk dapat dihasilkan secara optimal.

Fungsi instrumentasi adalah sebagai pengontrol, petunjuk, pencatat, dan pemberi tanda bahaya. Peralatan instrumen bekerja secara mekanik atau dengan tenaga listrik dan pengontrolannya dilakukan secara manual ataupun otomatis. Penggunaan instrumen pada suatu peralatan proses memiliki beberapa pertimbangan ekonomi dan sistem peralatan alat itu sendiri. Pada pemakaian alat – alat tersebut dipasang diatas papan didekat peralatan proses dan dikontrol secara manual atau disatukan dalam satu ruangan kontrol yang dikontrol secara otomatis.

Variabel – variabel proses yang biasanya dikontrol / diukur oleh instrumen adalah:

1. Variabel kontrol (tekanan, suhu, laju alir, dan level cairan)
2. Variabel tambahan seperti densitas, viskositas, panas spesifik, konduktifitas, pH, humiditas, titik embun, komposisi kimia, kandungan kelembaban, dan variabel lainnya. Pada dasarnya sistem pengendalian terdiri dari (Considine, 1985):

a) Sensing elemen (*Primary Element*)

Elemen yang menunjukkan adanya perubahan dari harga variabel yang diukur.

b) Elemen pengukur (*Measurement Element*)

Elemen pengukur adalah suatu elemen yang sensitif terhadap adanya perubahan suhu, tekanan, laju alir, maupun tinggi fluida. Perubahan ini merupakan sinyal dari proses dan disampaikan oleh elemen pengukur ke elemen pengantar.

c) Elemen Pengontrol (*Controlling Element*)

Elemen pengontrol yang menerima sinyal kemudian akan segera mengatur perubahan – perubahan proses tersebut sama dengan set point (nilai yang diinginkan). Dengan demikian elemen ini akan dapat segera memperkecil ataupun meniadakan penyimpangan yang terjadi.

d) Elemen pengontrol akhir (*Final Control Element*)

Elemen ini merupakan elemen yang akan melakukan merubah masukan yang keluar dari elemen pengontrol kedalam proses sehingga variabel yang diukur tetap berada dalam batas yang diinginkan dan merupakan hasil yang dikehendaki. Instrumen yang umum digunakan pabrik adalah:

1. Suhu

- *Temperature Controller* (TC) adalah instrumentasi yang digunakan untuk mengamati dan mengatur suhu suatu alat. Dengan menggunakan suhu kontroler para *engineer* juga dapat melakukan pengendalian terhadap peralatan sehingga suhu tetap dalam rangesuhu yang ditentukan.
- *Temperature Indicator* (TI) adalah instrumen yang digunakan untuk mengamati suhu dari suatu alat.

2. Tinggi Permukaan Cairan

- *Level Controller* (LC) adalah instrumen yang digunakan untuk mengamati dan mengatur tinggi cairan dalam suatu alat dengan menggunakan *level controller*, yang terpasang pada alat.

- *Level Indicator* (LI) adalah instrumen yang digunakan untuk mengamati ketinggian cairan dalam suatu alat.

3. Tekanan

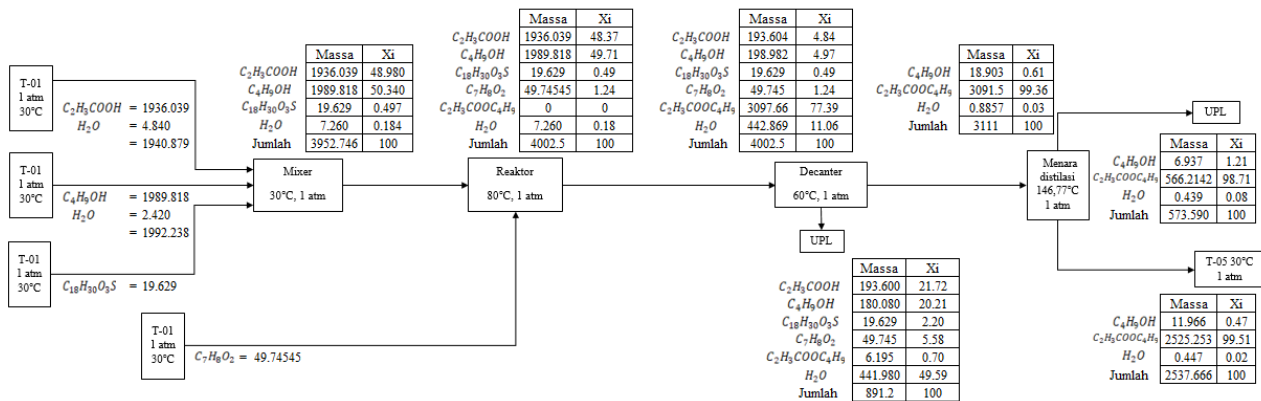
- *Pressure Controller* (PC) adalah instrumen yang digunakan untuk mengamati dan mengatur tekanan pada suatu proses ataupun pada suatu alat tertentu dengan menggunakan *pressure controller* yang terpasang pada alat.
- *Pressure Indicator* (PI) adalah alat yang digunakan untuk mengamati tekanan dalam suatu alat.

4. Aliran Cairan

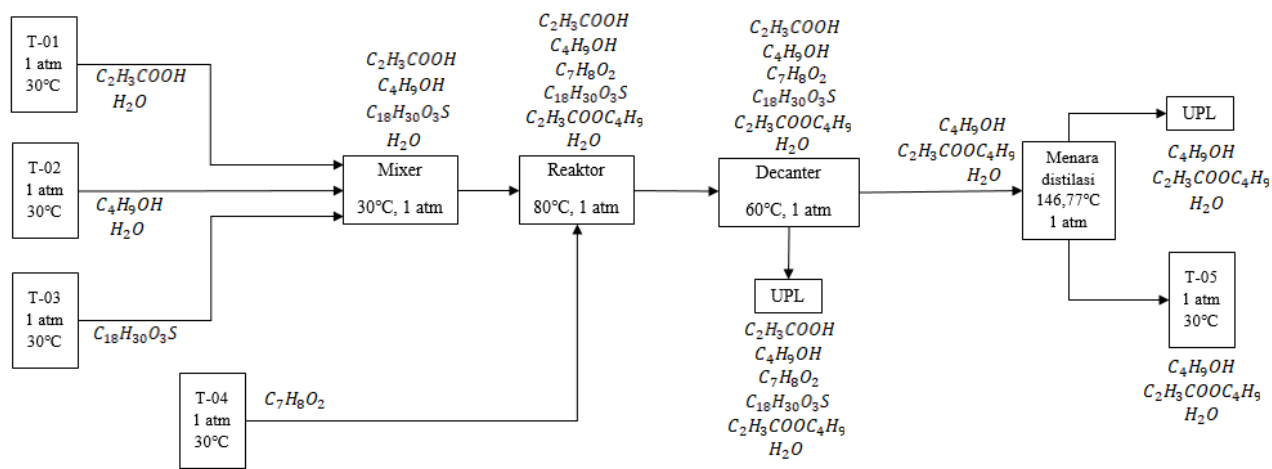
- *Flow Controller* (FC) adalah instrumen yang digunakan untuk mengamati dan mengatur laju aliran fluida pada suatu alat proses tertentu dengan menggunakan *flow meter* yang terpasang pada alat.
- *Flow Indicator* (FI) adalah alat yang digunakan untuk mengamati laju aliran dalam suatu alat.

BAB III PERANCANGAN PROSES

3.1 Diagram Alir Proses dan Material



Gambar 3. 1 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3. 2 Diagram Alir Kualitatif

3.2 Uraian Proses

Butil akrilat pada perancangan pabrik yang akan didirikan diperoleh dari hasil reaksi yang terjadi antara asam akrilat dan butanol yang dibantu dengan katalisator *Dedokyl Benzene Sulfurid Acid* dan inhibitor MEHQ (*Monomthyl Ether of Hydroquinone*). Pada proses pembuatan produk butil

akrilat dapat dibedakan menjadi beberapa bagian yaitu unit persiapan bahan baku, unit reaksi dan unit pemurnian produk.

3.2.1 Unit Persiapan Bahan Baku dan Bahan Pembantu

Pada proses pembuatan produk butil akrilat menggunakan bahan baku asam akrilat yang diperoleh dari PT. Nippon Shokubai, Cilegon dengan kapasitas produksi 140.000 Ton/Tahun, sedangkan untuk bahan baku n-Butanol dapat diperoleh melalui PT. Oxo Nusantara, Gresik dengan kapasitas produksi 30.000 Ton/Tahun, serta untuk bahan katalis DBSA (*Dedokyl Benzene Sulfurid Acid*) diperoleh melalui Tianjin Chengyuan Chemical Co.,ltd, China dengan kapasitas produksi 60.000 Ton/Tahun. Sedangkan untuk bahan baku inhibitor MEHQ (*Monomthyl Ether of Hydroquinone*) diperoleh melalui Hebei Yanxi(Shandong) Chemical Co.,ltd. China.

a. Asam Akrilat

Pada bahan baku asam akrilat yang memiliki tingkat kemurnian 99% akan disimpan pada tangki penyimpanan (T-01) dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atmosfer. Asam akrilat akan diumpankan dengan pompa (P-01) menuju Mixer (M-01) dan akan diumpankan kembali menuju pompa (P-05) melalui Heater (HE-01) yang bertujuan menaikkan suhu hingga 80°C sebelum masuk menuju Reaktor (R-01).

b. Butanol

Pada bahan baku butanol dengan tingkat kemurnian 99,5% disimpan pada tangki penyimpanan (T-02) dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atmosfer. Butanol akan diumpankan dengan pompa (P-02) menuju Mixer (M-01) dan akan diumpankan kembali menuju pompa (P-05) melalui Heater (HE-01) yang bertujuan menaikkan suhu hingga 80°C sebelum masuk menuju Reaktor (R-01).

c. *Dedokyl Benzene Sulfurid Acid* (DBSA)

Katalisator *Dedokyl Benzene Sulfurid Acid* dengan tingkat kemurnian 100% disimpan pada tangki penyimpanan (T-03) dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atmosfer. *Dedokyl Benzene Sulfurid Acid* (DBSA) akan diumpankan dengan pompa (P-03) menuju Mixer (M-01) dan akan diumpankan kembali menuju pompa (P-05) melalui Heater (HE-01) yang

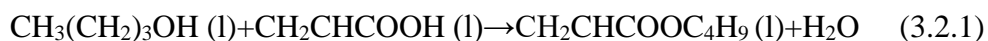
bertujuan menaikkan suhu hingga 80°C sebelum masuk menuju Reaktor (R-01).

d. *Monomthyl Ether of Hydroquinone* (MEHQ)

Inhibitor *Monomthyl Ether of Hydroquinone* (MEHQ) dengan tingkat kemurnian 100% disimpan pada tangki penyimpanan (T-04) dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atmosfer. MEHQ (*monomthyl ether of hydroquinone*) akan diumpankan dengan pompa (P-04) menuju Reaktor (R-01) yang akan melalui Heater (HE-02) yang bertujuan menaikkan suhu hingga 80°C sebelum masuk menuju Reaktor (R-01).

3.2.2 Unit Reaksi

Masing-masing bahan baku dan bahan pembantu akan masuk ke R-01 yang dioperasikan dengan suhu 80°C dan tekanan 1 atm. Pada perancangan pabrik ini menggunakan Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) yang dilengkapi dengan jaket pendingin dengan perbandingan bahan yang digunakan yaitu 1:1 dan konversi reaksi pada reaktor sebesar 90%. Adapula reaksi yang terjadi pada reaktor yaitu :



Berdasarkan Patent EP0 618 187 B1 bahan pembantu berupa katalis yang masuk kedalam reactor sebesar 0,5% dari massa reaktan dan untuk besar inhibitor yang masuk pada reactor berdasarkan jurnal yang ditulis oleh A. Niesbach, J. Daniels, dkk sebesar 2,5% dari butanol yang masuk ke reactor. Hasil daripada reactor adalah sisa bahan dari asam akrilat dan butanol, katalis dan inhibitor, produk yang tercipta dari proses reaksi asam akrilat dan butanol serta air yang terbawa dari bahan baku. Adapula sifat daripada reaksi yang terjadi adalah eksodermis oleh karena itu pada reactor RATB ini dilengkapi oleh jaket pendingin yang tujuannya agar suhu reaksi tidak melewati batas yang telah ditetapkan. Setelah sisa bahan baku beserta katalis dan inhibitor serta hasil produk dan air keluar dari (R-01) maka akan dipompa dengan (P-06) menuju alat pemisah Dekanter (D-01) dan melalui alat cooler (CL-01) untuk mendinginkan suhu hingga 60°C.

3.2.3 Unit Pemurnian

Setelah hasil produk disertai bahan baku dan bahan pembantu serta air yang diumpankan oleh (P-06) menuju (D-01) yang melalui (CL-01) akan dipisahkan dengan decanter dengan perbandingan oleh densitas serta kelarutan oleh air, maka hasil pemisahan menuju (MD-01) dan sisa pemisahan menuju UPL. Hasil atas (D-01) akan diumpankan menuju (MD-01) dengan pompa (P-07) yang akan melalui (HE-03) yang bertujuan untuk menaikkan suhu umpan, sedangkan hasil bawah decanter akan diumpankan dengan pompa (P-08) menuju UPL.

3.2.4 Proses Pembentukan Produk Akhir

Umpan masuk MD-01 memiliki kondisi operasi dengan suhu 146,7 °C dan tekanan 1 atm. Sebelum umpan dimasukkan ke dalam MD-01, terlebih dulu suhunya dinaikan dengan menggunakan heater (HE-03). Hasil atas berupa butanol, n-butyl akrilat dan air dengan kondisi suhu 147 °C dan tekanan 1 atm yang dialirkan menuju ke Unit Pengolahan Limbah (UPL). Sedangkan hasil bawah menara merupakan produk yang diinginkan yaitu n-butyl akrilat dengan kondisi suhu 146,9 °C dan tekanan 1 atm. Sebelum dimasukkan ke dalam tangki produk n-butyl akrilat didinginkan dengan cooler (CL-02). Produk n-butyl akrilat kemudian disimpan pada fase cair di tangki penyimpanan (T-05) pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm.

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Tangki Penyimpanan Asam Akrilat (T-01)

Tugas	: Menyimpan bahan baku C_2H_3COOH selama 7 hari
Jenis	: Tangki silinder vertikal dengan flat bottomed dan Conical head
Fase	: Cair
Jumlah	: 1 alat
Volume	: 376,22 m ³
Kondisi Operasi	
Tekanan	: 1 atmosphere
Suhu	: 30 C

Spesifikasi

Diameter	: 12,192 m
Tinggi	: 5,72 m
Tebal Shell	: 0,004826 m
Bahan	: Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304
Harga	: \$300.361

3.3.2 Tangki Penyimpanan N-Butanol (T-02)

Tugas	: Menyimpan bahan baku C_4H_9OH selama 7 hari
Jenis	: Tangki silinder vertikal dengan flat bottomed dan torispherical head
Fase	: Cair
Jumlah	: 1 alat
Volume	: 592,05 m ³
Kondisi Operasi	
Tekanan	: 1 atmosphere
Suhu	: 30 C
Spesifikasi	
Diameter	: 13,716 m
Tinggi	: 5,74 m
Tebal Shell	: 0,004826 m
Bahan	: Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304
Harga	: \$403.215

3.3.3 Tangki Penyimpanan DBSA (T-03)

Tugas	: Menyimpan katalis DBSA selama 7 hari
Jenis	: Tangki silinder vertikal dengan flat bottomed dan Conical head
Fase	: Cair
Jumlah	: 1 alat
Volume	: 4,68 m ³
Kondisi Operasi	
Tekanan	: 1 atmosphere

Suhu	: 30 C
Spesifikasi	
Diameter	: 3,048 m
Tinggi	: 3,76 m
Tebal Shell	: 0,004826 m
Bahan	: Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304
Harga	: \$17.338

3.3.4 Tangki Penyimpanan MEHQ (T-04)

Tugas	: Menyimpan inhibitor MEHQ selama 7 hari
Jenis	: Tangki silinder vertikal dengan flat bottomed dan Conical head
Fase	: Cair
Jumlah	: 1 alat
Volume	: 8,77 m ³
Kondisi Operasi	
Tekanan	: 1 atmosphere
Suhu	: 30 C
Spesifikasi	
Diameter	: 4,572 m
Tinggi	: 3,78 m
Tebal Shell	: 0,004826 m
Bahan	: Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304
Harga	: \$26.123

3.3.5 Tangki Penyimpan Produk (T-05)

Tugas	: Menyimpan Produk selama 7 hari
Jenis	: Tangki silinder vertikal dengan flat bottomed dan Conical head
Fase	: Cair
Jumlah	: 1 alat
Volume	: 575,97 m ³

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atmosphere

Suhu : 30 C

Spesifikasi

Diameter : 13,716 m

Tinggi : 5,75 m

Tebal Shell : 0,004826 m

Bahan : Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304

Harga : \$396.069

3.3.6 Mixer (M-01)

Tugas : Mencampurkan Bahan baku Asam Akrilat dan Butanol dengan Katalis DBSA

Jenis : Silinder tegak dengan alas datar dan tutup elipsoidal

Fase : Cair

Jumlah : 1 alat

Volume : 0,8477 m³

Tinggi Mixer : 1,4897 m

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atmosphere

Suhu : 30 C

Spesifikasi

Diameter Shell : 0,9931 m

Volume Shell : 0,7689 m³

Volume Head : 0,0788 m³

Tinggi Head : 0,3250 m

Tebal Shell : 0,004826 m

Tebal head : 0,004826 m

Spesifikasi Pengaduk

Jenis : Turbin 6 blade

Diameter Pengaduk : 0,2979 m

Jarak Pengaduk : 0,3310 m

Lebar pengaduk : 0,0596 m

Lebar Baffle	: 0,0828 m
Jumlah Pengaduk	: 1 buah
Kecepatan Pengaduk	: 222,758 rpm
Power Pengaduk	: 7,5 hP
Bahan	: Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304
Harga	: \$283.961

3.3.7 Reaktor (R-01)

Tugas	:Mereaksikan C_2H_3COOH dengan C_4H_9OH untuk menghasilkan $C_2H_3COOC_4H_9$ dan H_2O
Jenis	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk
Fase	: Cair
Jumlah	: 1 alat
Volume	: 25,765 m ³
Tinggi Reaktor	: 6,103 m
Kondisi Operasi	
Tekanan	: 1 atmosphere
Suhu	: 80 C
Spesifikasi	
Diameter Shell	: 3,201 m
Tinggi Shell	: 4,738 m
Volume Shell	: 25,765 m ³
Volume Head	: 0,009 m ³
Tinggi Head	: 0,683 m
Tebal Shell	: 0,009525 m
Tebal head	: 0,00635 m
Spesifikasi Pengaduk	
Jenis	: Marine dengan 3 blade
Diameter Pengaduk	: 1,07 m
Jarak Pengaduk	: 1,39 m
Lebar pengaduk	: 0,53 m
Lebar Baffle	: 0,18 m
Jumlah Pengaduk	: 1 buah

Kecepatan Pengaduk : 68 rpm
Power Pengaduk : 15 hP
Bahan : Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304
Harga : \$442.576

3.3.8 Decanter (DC-01)

Tugas : Memisahkan bahan dan produk menuju MD-01 dan UPL
Jenis : silinder tegak dengan head berbentuk torispherical
Fase : Cair
Jumlah : 1 alat
Volume : 0,917 m³
Tinggi Decanter: 2,07 m
Kondisi Operasi
Tekanan : 1 atmosphere
Suhu : 60 C
Spesifikasi
Diameter Shell : 0,803 m
Tebal Shell : 0,004826 m
Tebal head : 0,004826 m
Bahan : Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304
Harga : \$70.990

3.3.9 Menara Distilasi (MD-01)

Tugas : Memisahkan Butil Akriat sebagai keluaran bottom dan butanol serta air sebagai keluaran
Jenis : Plate tower (sieve tray) berbentuk torispherical roof
Fase : Cair
Jumlah : 1 alat
Tinggi Menara : 2,92 m
Kondisi Operasi Umpan Menara
Tekanan : 1 atmosphere
Suhu : 146,7 C

Kondisi Operasi Puncak Menara

Tekanan : 1 atmosphere

Suhu : 124,32 C

Kondisi Operasi Dasar Menara

Tekanan : 1 atmosphere

Suhu : 146,99 C

Spesifikasi

Diameter Shell : 0,434 m

Tinggi Head : 2,9778 m

Tebal Shell : 0,004826 m

Tebal head : 0,004826 m

Jumlah Plate : 3 buah

Bahan : Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304

Harga : \$289.961

3.3.10 Condensor (CD-01)

Tugas : Mengembunkan fluida dari hasil atas menara distilasi

Jenis : Double Pipe Heat Exchanger

Fase : Cair

Jumlah : 1 alat

Spesifikasi hot fluid

IPS : 0,1016 m

Flow Area : 0,002 m²

OD : 0,1143 m

ID : 0,102 m

Surface Area : 1,228 m²/m

Spesifikasi cold fluid

IPS : 0,0762 m

Flow Area : 0,0051 m²

OD : 0,0889 m

ID : 0,0779 m

Surface Area : 0,936 m²/m

A : 2,307 m²

Ud : 311,335 Btu/jam.m².°F
 Uc : 2.353,441 Btu/jam.m².°F
 Rd : 0,03
 Jumlah Hairpin : 4 buah
 Bahan : Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304
 Harga : \$19.329

3.3.11 Reboiler (RB-01)

Tugas : Menguapkan fluida hasil bawah menara distilasi (MD-01)

Jenis : Double Pipe Heat Exchanger

Fase : Cair

Jumlah : 1 alat

Spesifikasi hot fluid

IPS : 0,1016 m

Flow Area : 0,002 m²

OD : 0,1143 m

ID : 0,102 m

Surface Area : 1,228 m²/m

Spesifikasi cold fluid

IPS : 0,0762 m

Flow Area : 0,0051 m²

OD : 0,0889 m

ID : 0,0779 m

Surface Area : 0,936 m²/m

A : 2,232 m²

Ud : 182,988 Btu/jam.m².°F

Uc : 344,448 Btu/jam.m².°F

Rd : 0,03

Jumlah Hairpin : 1 buah

Bahan : Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304

Harga : \$17.220

3.3.12 Heat Exchanger (HE-01)

Tugas : Meningkatkan temperatur suhu keluaran M-01 30 C menjadi 80C

Jenis : Double Pipe Heat Exchanger

Fase : Cair

Jumlah : 1 alat

Spesifikasi hot fluid

IPS : 0,1016 m

Flow Area : 0,002 m²

OD : 0,1143 m

ID : 0,102 m

Surface Area : 1,228 m²/m

Spesifikasi cold fluid

IPS : 0,0762 m

Flow Area : 0,0051 m²

OD : 0,0889 m

ID : 0,0779 m

Surface Area : 0,936 m²/m

A : 14,274 m²

Ud : 400,206 Btu/jam.m².°F

Uc : 432,3899 Btu/jam.m².°F

Rd : 0,002

Jumlah Hairpin : 25 buah

Bahan : Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304

Harga : \$12.769

3.3.13 Heat Exchanger (HE-02)

Tugas : Meningkatkan temperatur suhu keluaran T-04 30 C menjadi 80 C

Jenis : Double Pipe Heat Exchanger

Fase : Cair

Jumlah : 1 alat

Spesifikasi hot fluid

IPS : 0,1016 m

Flow Area : 0,002 m²

OD : 0,1143 m
 ID : 0,102 m
 Surface Area : 1,228 m²/m
 Spesifikasi cold fluid
 IPS : 0,0762 m
 Flow Area : 0,0051 m²
 OD : 0,0889 m
 ID : 0,0779 m
 Surface Area : 0,936 m²/m
 A : 1,643 m²
 Ud : 38,535 Btu/jam.m².°F
 Uc : 38,7504 Btu/jam.m².°F
 Rd : 0,002
 Jumlah Hairpin : 3 buah
 Bahan : Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304
 Harga : \$4.217

3.3.14 Heat Exchanger (HE-03)

Tugas : Menaikkan temperatur suhu keluaran D-01 60 C menjadi 146,77 C
 Jenis : Double Pipe Heat Exchanger
 Fase : Cair
 Jumlah : 1 alat
 Spesifikasi hot fluid
 IPS : 0,1016 m
 Flow Area : 0,002 m²
 OD : 0,1143 m
 ID : 0,102 m
 Surface Area : 1,228 m²/m
 Spesifikasi cold fluid
 IPS : 0,0762 m
 Flow Area : 0,0051 m²
 OD : 0,0889 m
 ID : 0,0779 m

Surface Area : 0,936 m²/m
 A : 8,591 m²
 Ud : 1.251,853 Btu/jam.m².°F
 Uc : 1.631,284 Btu/jam.m².°F
 Rd : 0,002
 Jumlah Hairpin : 15 buah
 Bahan : Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304
 Harga : \$9.840

3.3.15 Cooler (CL-01)

Tugas : Menurunkan temperatur suhu keluaran dari reaktor 80 C menjadi 60 C

Jenis : Double Pipe Heat Exchanger

Fase : Cair

Jumlah : 1 alat

Spesifikasi hot fluid

IPS : 0,1016 m
 Flow Area : 0,002 m²
 OD : 0,1143 m
 ID : 0,102 m
 Surface Area : 1,228 m²/m

Spesifikasi cold fluid

IPS : 0,0762 m
 Flow Area : 0,0051 m²
 OD : 0,0889 m
 ID : 0,0779 m
 Surface Area : 0,936 m²/m
 A : 0,954 m²
 Ud : 3.232,322 Btu/jam.m².°F
 Uc : 8.092,590 Btu/jam.m².°F
 Rd : 0,002

Jumlah Hairpin : 2 buah

Bahan : Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304

Harga : \$12.066

3.3.16 Cooler (CL-02)

Tugas : Menurunkan temperatur suhu keluaran dari reaktor 80 C menjadi 60 C

Jenis : Double Pipe Heat Exchanger

Fase : Cair

Jumlah : 1 alat

Spesifikasi hot fluid

IPS : 0,1016 m

Flow Area : 0,002 m²

OD : 0,1143 m

ID : 0,102 m

Surface Area : 1,228 m²/m

Spesifikasi cold fluid

IPS : 0,0762 m

Flow Area : 0,0051 m²

OD : 0,0889 m

ID : 0,0779 m

Surface Area : 0,936 m²/m

A : 5,097 m²

Ud : 2.101,025 Btu/jam.m².°F

Uc : 3.446,633 Btu/jam.m².°F

Rd : 0,002

Jumlah Hairpin : 9 buah

Bahan : Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304

Harga : \$29.286

3.3.17 Pompa (P-01)

Tugas : Mengalirkan Asam Akrilat dari tangki penyimpanan menuju M-01

Jenis : Centrifugal pump

Impeller : Mixed Flow Impeller

Fase : Cair

Jumlah	: 1 alat
Spesifikasi	
Kapasitas	: 2,239 m ³ /Jam
Rate volumetric	: 0,000623 m ³ /s
Kecepatan aliran	: 0,643 m/s
OD	: 0,0351 m
ID	: 0,0422 m
IPS	: 0,0318 m
Flow area	: 0,001 m ²
Efisisensi Pompa	: 45%
Power Pompa	: 0,0117 Hp
Power Motor	: 0,05 Hp
Bahan	: Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304
Harga	: \$31.044

3.3.18 Pompa (P-02)

Tugas : Mengalirkan Butanol dari tangki penyimpanan menuju M-01

Jenis : Centrifugal pump

Impeller : Mixed Flow Impeller

Fase : Cair

Jumlah : 1 alat

Spesifikasi

Kapasitas	: 3,524 m ³ /Jam
Rate volumetric	: 0,000979 m ³ /s
Kecepatan aliran	: 0,7442 m/s
OD	: 0,0409 m
ID	: 0,0483 m
IPS	: 0,0381 m
Flow area	: 0,0013 m ²
Efisisensi Pompa	: 45%
Power Pompa	: 0,0425 Hp
Power Motor	: 0,08 Hp
Bahan	: Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304

Harga : \$31.746

3.3.19 Pompa (P-03)

Tugas : Mengalirkan DBSA dari tangki penyimpanan menuju M-01

Jenis : Centrifugal pump

Impeller : Radial Flow Impeller

Fase : Cair

Jumlah : 1 alat

Spesifikasi

Kapasitas : 0,0278 m³/Jam

Rate volumetric : 0,00000849 m³/s

Kecepatan aliran : 0,1154 m/s

OD : 0,0092 m

ID : 0,0137 m

IPS : 0,0064 m

Flow area : 0,0001 m²

Efisiensi Pompa : 45%

Power Pompa : 0,0003 Hp

Power Motor : 0,05 Hp

Bahan : Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304

Harga : \$25.772

3.3.20 Pompa (P-04)

Tugas : Mengalirkan MEHQ dari tangki penyimpanan menuju M-01

Jenis : Centrifugal pump

Impeller : Radial Flow Impeller

Fase : Cair

Jumlah : 1 alat

Spesifikasi

Kapasitas : 0,0521 m³/Jam

Rate volumetric : 0,00001415 m³/s

Kecepatan aliran : 0,11709 m/s

OD : 0,0125 m

ID	: 0,0171 m
IPS	: 0,0095 m
Flow area	: 0,0001 m ²
Efisisensi Pompa	: 45%
Power Pompa	: 0,003 Hp
Power Motor	: 0,05 Hp
Bahan	: Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304
Harga	: \$26.826

3.3.21 Pompa (P-05)

Tugas : Mengalirkan Hasil M-01 Menuju R-01

Jenis : Centrifugal pump

Impeller : Radial Flow Impeller

Fase : Cair

Jumlah : 1 alat

Spesifikasi

Kapasitas : 5,527 m³/Jam

Rate volumetric : 0,001534 m³/s

Kecepatan aliran : 0,7107 m/s

OD : 0,0525 m

ID : 0,0605 m

IPS : 0,0508 m

Flow area : 0,0022 m²

Efisisensi Pompa : 49%

Power Pompa : 0,2359 Hp

Power Motor : 0,33 Hp

Bahan : Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304

Harga : \$32.918

3.3.22 Pompa (P-06)

Tugas : Mengalirkan hasil reaksi reactor menuju decanter

Jenis : Centrifugal pump

Impeller : Mixed Flow Impeller

Fase : Cair
 Jumlah : 1 alat
 Spesifikasi
 Kapasitas : 5,647 m³/Jam
 Rate volumetric : 0,001568 m³/s
 Kecepatan aliran : 0,7262 m/s
 OD : 0,0525 m
 ID : 0,0605 m
 IPS : 0,0508 m
 Flow area : 0,0022 m²
 Efisiensi Pompa : 47%
 Power Pompa : 0,0847 Hp
 Power Motor : 0,13 Hp
 Bahan : Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304
 Harga : \$32.918

3.3.23 Pompa (P-07)

Tugas : Mengalirkan hasil pemisahan decanter menuju menara distilasi
 Jenis : Centrifugal pump
 Impeller : Mixed Flow Impeller
 Fase : Cair
 Jumlah : 1 alat
 Spesifikasi
 Kapasitas : 4,356 m³/Jam
 Rate volumetric : 0,00121 m³/s
 Kecepatan aliran : 0,5603 m/s
 OD : 0,0525 m
 ID : 0,0605 m
 IPS : 0,0508 m
 Flow area : 0,0022 m²
 Efisiensi Pompa : 45%
 Power Pompa : 0,0968 Hp
 Power Motor : 0,17 Hp

Bahan : Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304

Harga : \$32.918

3.3.24 Pompa (P-08)

Tugas : Mengalirkan hasil bawah decanter menuju UPL

Jenis : Centrifugal pump

Impeller : Radial Flow Impeller

Fase : Cair

Jumlah : 1 alat

Spesifikasi

Kapasitas : 1,154 m³/Jam

Rate volumetric : 0,0003198 m³/s

Kecepatan aliran : 0,5758 m/s

OD : 0,0266 m

ID : 0,0335 m

IPS : 0,0254 m

Flow area : 0,0006 m²

Efisiensi Pompa : 45%

Power Pompa : 0,0208 Hp

Power Motor : 0,05 Hp

Bahan : Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304

Harga : \$29.872

3.3.25 Pompa (P-09)

Tugas : Mengalirkan hasil atas MD-01 menuju UPL

Jenis : Centrifugal pump

Impeller : Radial Flow Impeller

Fase : Cair

Jumlah : 1 alat

Spesifikasi

Kapasitas : 0,911 m³/Jam

Rate volumetric : 0,0002519 m³/s

Kecepatan aliran : 0,4545 m/s

OD	: 0,0266 m
ID	: 0,0335 m
IPS	: 0,0254 m
Flow area	: 0,0006 m ²
Efisisensi Pompa	: 45%
Power Pompa	: 0,0122 Hp
Power Motor	: 0,05 Hp
Bahan	: Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304
Harga	: \$29.872

3.3.26 Pompa (P-10)

Tugas	: Mengalirkan hasil bawah MD-01 menuju T-05
Jenis	: Centrifugal pump
Impeller	: Radial Flow Impeller
Fase	: Cair
Jumlah	: 1 alat
Spesifikasi	
Kapasitas	: 3,428m ³ /Jam
Rate volumetric	: 0,0009509 m ³ /s
Kecepatan aliran	: 0,6519 m/s
OD	: 0,0409 m
ID	: 0,0483 m
IPS	: 0,0381 m
Flow area	: 0,0012 m ²
Efisisensi Pompa	: 45%
Power Pompa	: 0,1588 Hp
Power Motor	: 0,33 Hp
Bahan	: Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304
Harga	: \$31.746

3.4 Neraca Massa

3.4.1 Neraca massa total

Tabel 3. 1 *Neraca massa total*

Komponen	BM	INPUT		OUTPUT	
		mol	massa	mol	massa
C ₂ H ₃ COOH	72	26,889	1.936,039	2,689	193,603
C ₄ H ₉ OH	74	26,889	1.989,818	19,729	198.983
C ₇ H ₈ O ₂	124	0,401	49,745	0,401	49,745
C ₁₈ H ₃₀ O ₃ S	326	0,060	19,629	0,060	19,629
C ₂ H ₃ COOC ₄ H ₉	128	0,000	0,000	24,200	3.097,663
H ₂ O	18	0,403	7,260	24,604	442,869
Jumlah	742	54,642	4.002,491	54,642	4.002,491

3.4.2 Neraca Massa Alat Proses

3.4.2.1 Neraca Massa Mixer

Tabel 3. 2 *Neraca massa mixer*

Komponen	BM	INPUT		OUTPUT	
		mol	massa	mol	massa
C ₂ H ₃ COOH	72	26,889432	1.936,039104	26,889432	1.936,039104
C ₄ H ₉ OH	74	26,889432	1.989,817968	26,889432	1.989,817968
C ₁₈ H ₃₀ O ₃ S	326	0,060212532	19,62928536	0,060212532	19,62928536
H ₂ O	18	0,403	7,26014664	0,403	7,260
Jumlah	490	54,242	3.952,747	54,242	3.952,747

3.4.2.2 Neraca Massa Reaktor

Tabel 3. 3 *Neraca massa reaktor*

Komponen	BM	INPUT		OUTPUT	
		mol	massa	mol	massa
C ₂ H ₃ COOH	72	26,889	1.936,039	2,689	193,604
C ₄ H ₉ OH	74	26,889	1.989,818	2,689	198,982
C ₇ H ₈ O ₂	124	0,401	49,745	0,401	49,745
C ₁₈ H ₃₀ O ₃ S	326	0,060	19,629	0,060	19,629
C ₂ H ₃ COOC ₄ H ₉	128	0,000	0,000	24,200	3.097,663
H ₂ O	18	0,403	7,260	24,604	442,869
Jumlah	742	54,644	4.002,492	54,644	4.002,492

3.4.2.3 Neraca Massa Decanter

Tabel 3. 4 *Neraca massa decanter*

Komponen	Input	Output	
		atas	Bawah
C ₂ H ₃ COOH	193,604	0,00000	193,60391
C ₄ H ₉ OH	198,982	18,90327	180,07853
C ₇ H ₈ O ₂	49,745	0,00000	49,74545
C ₁₈ H ₃₀ O ₃ S	19,629	0,00000	19,62929
C ₂ H ₃ COOC ₄ H ₉	3.097,663	3.091,46724	6,19533
H ₂ O	442,869	0,88574	441,98321
Jumlah	4.002,492	3.111,256	891,236
Total	4.002,492	4.002,492	

3.4.2.4 Neraca Massa Menara Distilasi

Tabel 3. 5 Neraca massa menara distilasi

Komponen	Input	Output	
		atas	Bawah
H ₂ O	0,886	0,43887	0,44686
C ₄ H ₉ OH	18,903	6,93689	11,96638
C ₂ H ₃ COOC ₄ H ₉	3.091,467	566,21415	2.525,25309
Jumlah	3.111,256	573,590	2.537,666
Total	3.111,256	3.111,256	

3.4.3 Neraca Panas

3.4.3.1 Neraca Panas Total

Tabel 3. 6 Neraca Panas Total

Komponen	Struktur	BM	ΔH_{in} (Kjoule/Jam)	ΔH_{out} (Kjoule/Jam)
Asam Akrilat	C ₂ H ₃ COOH	72	262.122,058	57.177,725
N-Butanol	C ₄ H ₉ OH	74	280.285,053	61.238,144
MEHQ	C ₇ H ₈ O ₂	124	8.738,123	8.738,123
DBSA	C ₁₈ H ₃₀ O ₃ S	326	2.937,618	2.937,618
Butil Akrilat	C ₂ H ₃ COOC ₄ H ₉	128	225.304,382	583.357,148
Air	H ₂ O	18	66.632,948	166.736,538
Q Reaksi			633.810,802	0
Q Pendingin			0	599.645,688
Total			1.479.830,984	1.479.830,984

3.4.3.2 Neraca Panas Mixer

Tabel 3. 7 Neraca panas mixer

Komponen	Struktur	BM	Input		Output	
			Massa (kg/jam)	Panas (Kj/jam)	Massa (kg/jam)	Panas (Kj/jam)
			Asam Akrilat	C_2H_3COOH	72	1.936,039104
N butanol	C_4H_9OH	74	1.989,817968	21.574,76346	1.989,817968	21.574,76346
DBSA	$C_{18}H_{30}O_3S$	326	19,62928536	160,2172359	19,62928536	160,2172359
Air	H_2O	18	7,26014664	152,2625377	7,26014664	152,2625377
Jumlah			3.952,746504	41.973,13225	3.952,746504	41.973,13225

3.4.3.3 Neraca Panas Reaktor

Tabel 3. 8 Neraca panas reaktor

Komponen	ΔH_{in} (Kjoule/Jam)	ΔH_{out} (Kjoule/Jam)
Asam Akrilat	227.715,9267	22.771,59267
N butanol	243.385,4544	24.338,54544
MEHQ	5.262,7465	5.262,7465
DBSA	1.801,107338	1.801,107338
Butil Akrilat	0	358.052,7664
Air	1.668,393163	101.771,9829
Q reaksi	633.810,8017	
Q pendingi		599.645,6884
Total	1.113.644,43	1.113.644,43

3.4.3.4 Neraca Panas Decanter

Tabel 3. 9 Neraca panas decanter

Komponen	Struktur	BM	Input		Output			
					Atas		Bawah	
			Massa (kg/jam)	Panas (Kj/jam)	Massa (kg/jam)	Panas (Kj/jam)	Massa (kg/jam)	Panas (Kj/jam)
Asam Akrilat	C_2H_3COOH	72	192,95	14.320,24	0,00	0,00	193,60	14.320,24
N butanol	C_4H_9OH	74	198,31	15.324,83	18,90	1.455,86	180,08	13.868,98
MEHQ	$C_7H_8O_2$	124	49,58	3.315,16	0,00	0,00	49,75	3.315,16
DBSA	$C_{18}H_{30}O_3S$	326	19,56	1.136,51	0,00	0,00	19,63	1.136,51
Butil Akrilat	$C_2H_3COOC_4H_9$	128	3.087,23	225.304,38	3.091,47	224.853,77	6,20	450,61
Air	H_2O	18	434,54	64.812,29	0,89	129,62	441,98	64.682,67
Jumlah			3.982,18	324.213,42	3.111,26	226.439,26	891,24	97.774,16
Total			3.982,18	324.213,42	Massa	3.982,18	Panas	324.213,42

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Ketepatan pemilihan lokasi suatu pabrik harus direncanakan dengan baik dan tepat. Kemudahan dalam pengoperasian pabrik dan perencanaan di masa depan merupakan faktor – faktor yang perlu mendapat perhatian dalam penetapan lokasi suatu pabrik. Hal tersebut menyangkut faktor produksi dan distribusi dari produk yang dihasilkan. Lokasi pabrik harus menjamin biaya transportasi dan produksi yang seminimal mungkin, disamping beberapa faktor lain yang mesti dipertimbangkan misalnya pengadaan bahan baku, utilitas, dan lain – lain. Oleh karena itu pemilihan dan penentuan lokasi pabrik yang tepat merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam suatu perencanaan pabrik. Berdasarkan pertimbangan diatas, maka ditentukan rencana pendirian pabrik n-butyl akrilat ini berlokasi di daerah Cilegon, Banten. Faktor – faktor yang menjadi dasar pertimbangan dalam menentukan lokasi pabrik adalah sebagai berikut :

4.1.1 Penyedia Bahan Baku

Sumber bahan baku merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi pemilihan lokasi pabrik. Untuk menekan biaya penyediaan bahan baku, maka pabrik n-butyl akrilat didirikan dekat penghasil utama bahan baku (asam akrilat), yaitu pabrik asam akrilat milik PT. Nippon Shokubai Indonesia di Cilegon, Banten.

4.1.2 Pemasaran Produk

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

4.1.3 Utilitas

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

4.1.4 Transportasi

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

4.1.5 Tenaga Kerja

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

4.1.6 Keadaan Iklim

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

4.1.7 Faktor Prnunjang 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-butyl akrilat di Indonesia.

4.2 Tata Letak Pabrik

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

4.2.1 Daerah Administrasi / Perkantoran dan Laboratorium

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

4.2.2 Daerah Proses dan Ruang Kontrol

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

4.2.3 Daerah Pergudangan, Umun, Bengkel, dan Garasi

4.2.4 Daerah Utilitas dan Power Stasion

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

Tabel 4. 1 Perincian luas tanah dan bangunan pabrik

Lokasi	Panjang, m	Lebar, m	Luas, m ²
Kantor utama	44	14	616
Pos keamanan/satpam	8	4	32
Mess	16	36	576
Parkir Tamu	12	22	264
Parkir truk	20	12	240
Ruang timbang truk	12	6	72
Kantor teknik dan produksi	20	14	280

Klinik	12	10	120
Masjid	14	12	168
Kantin	16	12	192
Bengkel	12	24	288
Unit pemadam kebakaran	16	14	224
Gudang alat	22	10	220
Laboratorium	12	16	192
Utilitas	24	10	240
Area proses	65	35	2.275
Control Room	28	10	280
Control Utilitas	10	10	100
Jalan dan taman	60	40	2.400
Perluasan Pabrik	120	20	2.400
Luas tanah			111.179
Luas bangunan			6.379
Total	543	331	11.179

4.3 Tata Letak Mesin / Alat Proses

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

4.3.1 Aliran Bahan Baku dan Produk

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

4.3.2 Aliran Udara

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

4.3.3 Pencahayaan

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

4.3.4 Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan

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

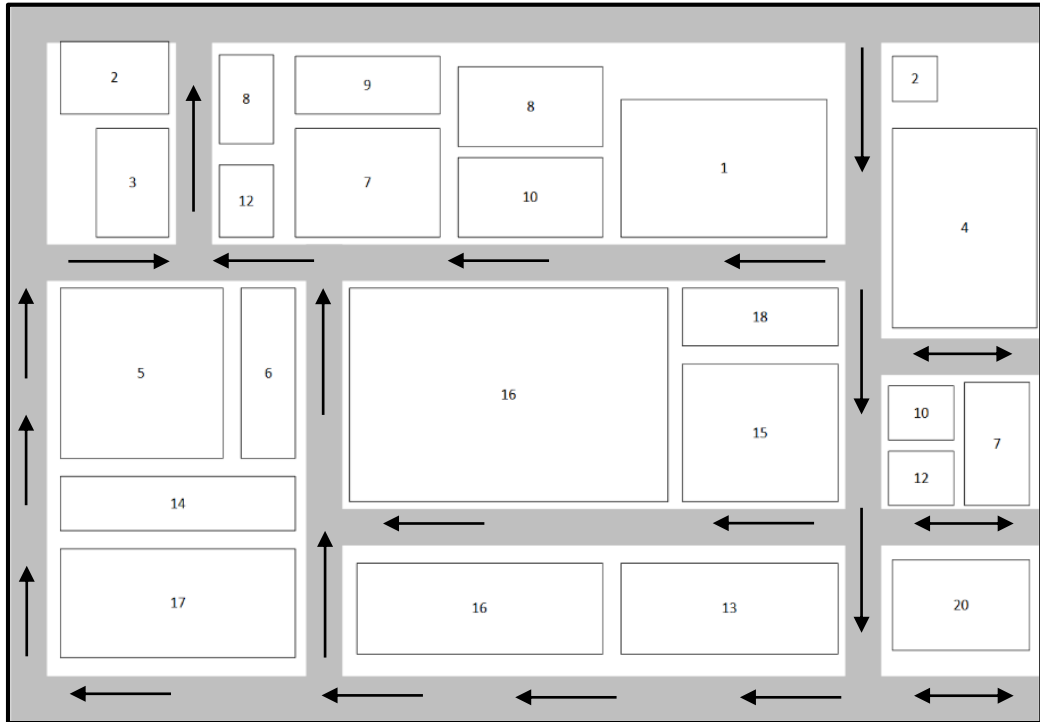
4.3.5 Pertimbangan Ekonomi

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

4.3.6 Jarak Antar Alat Proses

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

LAY OUT PABRIK N-BUTIL AKRILAT

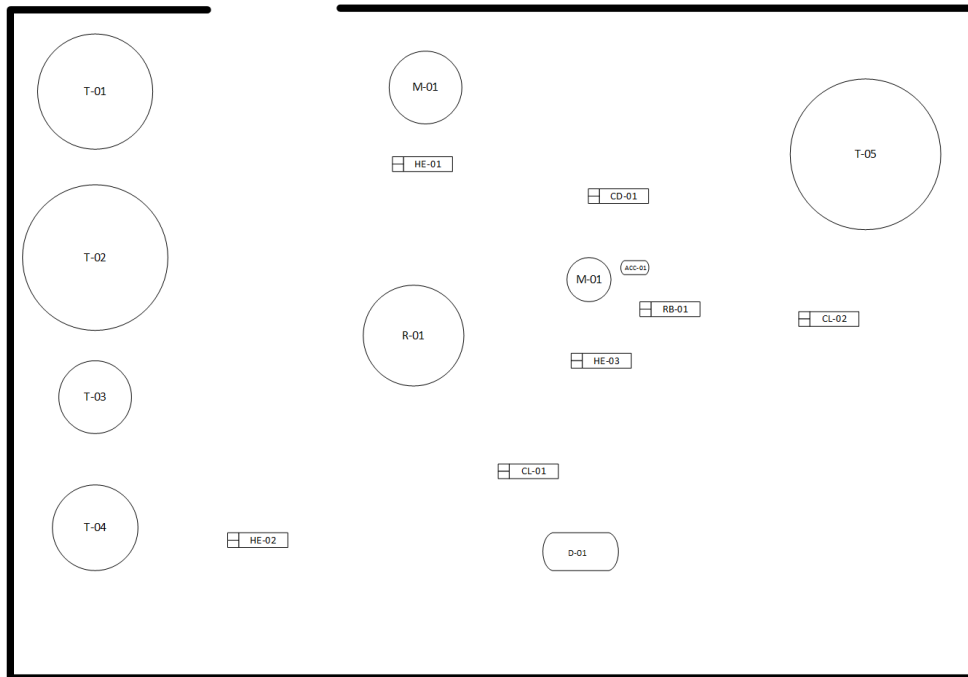


Gambar 4. 1 Tata Letak Pabrik skala 1:4500

Keterangan :

- | | |
|-----------------------------|------------------------------|
| 1. Kantor Umum | 11. Bengkel |
| 2. Pos Satpam | 12. Unit Pemadam Kebakaran |
| 3. Koperasi | 13. Gudang Alat |
| 4. Parkir Karyawan & Tamu | 14. Laboratorium |
| 5. Parkir Truk | 15. Utilitas |
| 6. Kantor Timbang Truk | 16. Area Proses |
| 7. Kantor Teknik dan Produk | 17. Ruang Kontrol |
| 8. Klinik | 18. Utilitas Kontrol |
| 9. Masjid | 19. Kantor Diklat |
| 10. Kantin | 20. Tempat Pengolahan Limbah |

LAY OUT AREA PROSES



Gambar 4. 2 Tata Letak Alat Proses Pabrik skala 1:500

Keterangan:

T : Tangki

D : Decanter

M : Mixer

MD : Menara Distilasi

HE : Heat Exchanger

ACC : Accumulator

CL : Cooler

CD : Condensor

R : Reaktor

RB : Reboiler

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

Bentuk Perusahaan yang direncanakan pada perancangan pabrik n-butil akrilat ini adalah Perseroan Terbatas (PT). Perseroan terbatas merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham adalah surat berharga yang dikeluarkan oleh perusahaan atau PT tersebut dan orang yang memiliki saham berarti telah menyetorkan modal perusahaan,

yang berarti pula ikut memiliki perusahaan. Dalam perseroan terbatas pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap-tiap saham

4.4.2 Bentuk 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 dari suatu perusahaan dapat bermacam-macam sesuai dengan bentuk dan kebutuhan dari masing-masing perusahaan. Jenjang kepemimpinan dalam perusahaan ini adalah sebagai berikut:

- a. Pemegang saham
- b. Dewan komisaris
- c. Direktur Utama
- d. Direktur
- e. Kepala Bagian
- f. Kepala seksi
- g. Karyawan dan Operator

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

4.4.3 Tugas dan Wewenang

4.4.3.1 Pemegang Saham

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

1. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris.
2. Mengangkat dan memberhentikan direktur.

3. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari Perusahaan.

4.4.3.2 Direktur

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

4.4.3.3 Kepala Bagian

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

4.4.3.4 Kepala Seksi

Kepala seksi adalah pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh para Kepala Bagian masing-masing.

4.4.4 Catatan

4.4.4.1 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.

4.4.4.2 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).

4.4.4.3 Kerja Lembur (*Overtime*)

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

4.4.4.4 Sistem Gaji Karyawan

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

Tabel 4. 2 Gaji Karyawan

Jabatan	jumlah	gaji/bulan	total gaji/bulan
Direktur Utama	1	Rp 55.000.000	Rp 55.000.000
direktur teknik dan produksi	1	Rp 45.000.000	Rp 45.000.000
direktur keuangan dan umum	1	Rp 45.000.000	Rp 45.000.000
staff ahli	1	Rp 13.000.000	Rp 13.000.000
Ka. Bag. Umum	1	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
Ka. Bag. Pemasaran	1	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
Ka. Bag. Keuangan	1	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
Ka. Bag. Teknik	1	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
Ka. Bag. Produksi	1	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
Ka. Bag. Litbang	1	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
Ka. sek. Personalia	1	Rp 18.000.000	Rp 18.000.000
Ka. sek. Humas	1	Rp 18.000.000	Rp 18.000.000
Ka. sek. Keamanan	1	Rp 18.000.000	Rp 18.000.000
Ka. sek. Pembelian	1	Rp 18.000.000	Rp 18.000.000
Ka. sek. pemasaran	1	Rp 18.000.000	Rp 18.000.000
Ka. sek. Administrasi	1	Rp 18.000.000	Rp 18.000.000
Ka. sek. Kas/anggaran	1	Rp 18.000.000	Rp 18.000.000
Ka. kas. Proses	1	Rp 18.000.000	Rp 18.000.000
Ka. kas. Pengendalian	1	Rp 18.000.000	Rp 18.000.000
Ka. kas. Laboratorium	1	Rp 18.000.000	Rp 18.000.000
Ka. kas. Utilitas	1	Rp 18.000.000	Rp 18.000.000
Ka. kas. Pengembangan	1	Rp 18.000.000	Rp 18.000.000
Ka. kas. Penelitian	1	Rp 18.000.000	Rp 18.000.000
Karyawan Personalia	3	Rp 10.000.000	Rp 30.000.000
Karyawan humas	3	Rp 10.000.000	Rp 30.000.000
Karyawan keamanan	5	Rp 10.000.000	Rp 50.000.000
Karyawan pembelian	4	Rp 10.000.000	Rp 40.000.000
Karyawan pemasaran	4	Rp 10.000.000	Rp 40.000.000
Karyawan administrasi	3	Rp 10.000.000	Rp 30.000.000
Karyawan kas/anggaran	3	Rp 10.000.000	Rp 30.000.000
Karyawan proses	40	Rp 10.000.000	Rp 400.000.000
Karyawan pengendalian	5	Rp 10.000.000	Rp 50.000.000
Karyawan laboratorium	4	Rp 10.000.000	Rp 40.000.000
Karyawan pemeliharaan	7	Rp 10.000.000	Rp 70.000.000
Karyawan utilitas	10	Rp 10.000.000	Rp 100.000.000

Karyawan KKK	6	Rp 10.000.000	Rp 60.000.000
Karyawan litbang	3	Rp 10.000.000	Rp 30.000.000
Sekretaris	5	Rp 10.000.000	Rp 50.000.000
medis	2	Rp 6.000.000	Rp 12.000.000
paramedis	3	Rp 6.000.000	Rp 18.000.000
sopir	6	Rp 5.500.000	Rp 33.000.000
cleaning service	5	Rp 5.500.000	Rp 27.500.000
Total	144	Rp 745.000.000	Rp 1.712.500.000

4.4.4.5 Jam Kerja Karyawan

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

a. Jam kerja karyawan non-shift

Senin – Kamis:

Jam Kerja : 08.00 – 12.00 dan 13.00 – 16.00

Istirahat : 12.00 – 13.00

Jumat:

Jam Kerja : 08.00 – 11.30 dan 13.30 – 17.00

Istirahat : 11.30 – 13.30

hari Sabtu dan Minggu libur

b. Jam kerja karyawan shift

Jadwal kerja karyawan shift dibagi menjadi :

- Shift Pagi : 08.00 – 16.00

- Shift Sore : 16.00 – 00.00

- Shift Malam : 00.00 – 08.00

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

Tabel 4.3 *Jam Kerja*

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

Keterangan :

P = Shiftt Pagi

M = Shift malam

S= Shift Siang

L = Libur

BAB V

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
6. Unit Pengolahan Limbah

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

5.1.1 Unit Penyedia 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 akrilat ini, sumber air yang digunakan berasal dari air sungai Cidanau. Adapun penggunaan air sungai sebagai sumber air dengan pertimbangan sebagai berikut:

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

4. Letak sungai berada tidak jauh dari lokasi pabrik. Air yang diperlukan di lingkungan pabrik digunakan untuk :

a. Air pendingin

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

- 1) Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar.
- 2) Mudah dalam pengolahan dan pengaturannya.
- 3) Dapat menyerap jumlah panas yang relatif tinggi persatuan volume.
- 4) Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan adanya perubahan temperatur pendingin.
- 5) Tidak terdekomposisi.

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

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

- 1) Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi.

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

- 2) Zat yang dapat menyebabkan kerak (*scale forming*). Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silika.

- 3) Zat yang menyebabkan foaming.

c. Air sanitasi

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

- 1) Syarat fisika, meliputi:
 - Suhu : Di bawah suhu udara
 - Warna : Jernih
 - Rasa : Tidak berasa
 - Bau : Tidak berbau
- 2) Syarat kimia, meliputi:
 - Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air.
 - Tidak mengandung bakteri.

5.1.2 Unit Pengolahan Air

Air sungai tidak dapat langsung digunakan, memerlukan beberapa pengolahan untuk dapat dipakai sebagaimana mestinya. Beberapa tahapan dalam pengolahan air yaitu:

a. Penghisapan

Air dari sungai dipompa dan dialirkan menuju alat penyaringan (*screen*) untuk menghilangkan partikel kotoran yang berukuran cukup besar. Setelah tahap screening air akan ditampung di dalam reservoir.

b. Screening

Tahap ini dilakukan untuk memisahkan kotoran-kotoran yang berukuran cukup besar seperti daun, ranting, dan sampah - sampah lainnya tanpa menggunakan bahan kimia. Sedangkan partikel kecil yang masih terbawa akan diolah di tahap-tahap berikutnya. Pada sisi hisap pompa perlu dipasang saringan (*screen*) dan ditambah fasilitas pembilas untuk meminimalisir alat penyaring menjadi kotor dan menjadi cepat rusak.

c. Penggumpalan/Koagulasi

Koagulasi merupakan proses penggumpalan partikel koloid akibat penambahan bahan koagulan atau zat kimia sehingga partikel-partikel tersebut bersifat netral dan membentuk endapan karena gravitasi. Koagulan yang digunakan adalah tawas atau Aluminium Sulfat ($Al_2(SO_4)_3$), yang merupakan

garam yang berasal dari asam kuat dan basa lemah, sehingga dalam air yang mempunyai suasana basa akan mudah terhidrolisa. Untuk memperoleh sifat alkalis agar proses flokulasi dapat berjalan efektif, sering ditambahkan kapur karena kapur berfungsi untuk mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat dalam air untuk membuat suasana basa sehingga mempermudah penggumpalan. Sedangkan proses flokulasi bertujuan untuk menggumpalkan partikel-partikel tersebut menjadi flok dengan ukuran yang memungkinkan untuk dipisahkan dengan sedimentasi dan filtrasi.

d. Pengendapan

Pengendapan ini dilakukan di dalam bak pengendapan yang bertujuan untuk mengendapkan flok yang terbentuk dari proses koagulasi-flokulasi. Bentuk-bentuk flok tadi akan mengendap yang selanjutnya dapat dibuang (*blow down*).

e. Sand filter

Air dari bak pengendap yang masih mengandung padatan tersuspensi selanjutnya memasuki alat sand filter untuk difiltrasi. Filtrasi ini bertujuan untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung di dalam air, seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{2+} dan lain-lain dengan menggunakan resin. Sand Filter dicuci (*back wash, rinse*) bila sudah dianggap kotor.

f. Penampungan air bersih

Air yang sudah melalui tahap filtrasi bisa disebut sebagai air bersih dan ditampung dalam bak penampung air bersih. Air tersebut kemudian didistribusikan untuk keperluan :

- *Service water*
- Air domestik
- *Make up cooling tower*
- Bahan baku demin plan

g. Demineralisasi

Tujuan dari proses demineralisasi adalah menghilangkan ion-ion yang terkandung pada filtered water untuk umpan boiler. Proses demineralisasi ini terbagi menjadi 2, yaitu pelunakan air dan dealkalinasi. Proses pelunakan air terjadi pada kation exchanger. Di dalam kation exchanger, mineral-mineral sadah seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , dan mineral lainnya akan dibebaskan dari air bersih. Mineral ini akan ditangkap oleh suatu resin berjenis hydrogen-zeolite. Resin memiliki kapasitas untuk menangkap ion-ion ini. Suatu waktu resin tidak mampu lagi untuk menangkap mineral, maka akan disubjekkan kedalam proses regenerasi resin. Regenerasi resin kation exchanger dilakukan dengan penambahan asam kuat H_2SO_4 . Air keluaran dari kation exchanger adalah air bebas mineral yang tendensi untuk membentuk scalling-nya sudah diminimalkan.

Air yang telah melewati kation exchanger akan disubjekkan kedalam anion exchanger untuk dilakukan proses dealkalinasi. Proses ini bertujuan untuk menangkap ion-ion negatif seperti HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- dan lain-lain. Ion negatif ini harus ditangkap karena akan jika air bersifat basa ini dipanaskan, akan berpotensi untuk membentuk gas CO_2 yang bisa menurunkan performa boiler dan alat proses lainnya. Proses penangkapan ion-ion memiliki mekanisme yang mirip pada proses pelunakan air. Perbedaan utamanya adalah jenis resin yang digunakan. Jenis resin yang digunakan weakly basic anion exchanger. Pada proses ini, saat resin sudah memenuhi kapasitasnya untuk menangkap ion, resin akan diregenerasikan dengan menambahkan basa kuat NaOH . Air keluaran dari anion exchanger ini sudah bisa digunakan sebagai air proses. Tetapi untuk penggunaan sebagai air umpan boiler, perlu dilakukan proses lebih lanjut.

h. Deaerasi

Air keluaran dari proses demineralisasi yang akan dijadikan umpan boiler akan disubjekkan ke proses deaerasi untuk menghilangkan gas-gas terlarut dalam air, terutama gas O_2 yang berpotensi untuk menyebabkan korosi pada boiler. Korosi pada boiler memiliki konsekuensi yang sangat berbahaya, selain

perpendekan umur boiler. Pengikisan didalam boiler berpotensi menyebabkan peledakan dikarenakan ekspansi tekanan yang tidak sesuai dengan tekanan desain. Untuk menghilangkan gas-gas terlarut, senyawa N_2H_4 (hidrazin) ditambahkan untuk mengikat O_2 dan gas terlarut lainnya. Setelah dihilangkan kandungan gas terlarut, maka air keluaran deaerator dapat langsung diumpankan ke *boiler feed water*, kemudian diumpankan ke boiler. Di dalam boiler akan berlangsung proses pembangkitan air menjadi steam. Namun, untuk menjaga konsentrasi suspended solid yang terakumulasi di dalam boiler, dilakukan sistem blowdown pada periode tertentu sehingga menghilangkan sejumlah air. Untuk mengganti air yang hilang tersebut, ditambahkan make up water agar tetap memenuhi kebutuhan proses.

5.1.2.1 Kebutuhan Air

1. Kebutuhan air pembangkit steam

Tabel 5. 1 *Kebutuhan air pembangkit steam*

No	Alat	Kode	Kebutuhan Steam (Kg/jam)
1	Heat Exchanger 1	HE-01	157,5420075
2	Heat Exchanger 2	HE-02	1,746918671
3	Heat Exchanger 3	HE-03	220,418946
4	Reboiler-01	RB-01	13,73869511
Total			393,4465673

2. Kebutuhan air pendingin

Tabel 5. 2 *Kebutuhan air pendingin*

NO.	Alat	Kode alat	Kebutuhan Air (Kg/Jam)
1	Reaktor -01	R-01	14.167,98243
2	Cooler-1	CL-01	4.543,745786
3	Cooler-2	CL-02	2.495,629275
4	Condensor-01	CD-01	208,9193273
Total			21.416,27682

3. Kebutuhan air Domestik

Jumlah karyawan 140 dengan menurut standar WHO, kebutuhan air untuk 1 orang adalah 100-120 liter/hari. Banyak mess yang akan didirikan 20 rumah, perkiraan mess dihuni oleh 60 orang, maka kebutuhan total air domestic sebanyak 18.685,06576 Kg/Jam

4. Kebutuhan *service water*

Tabel 5. 3 Kebutuhan *service water*

Bengkel	=	200	kg/hari
Poliklinik	=	300	kg/hari
Laboraturium	=	500	kg/hari
Pemadam kebakaran	=	1.000	kg/hari
Kantin, musholla, dan kebun	=	4.000	kg/hari
Total kebutuhan service water	=	6.000	kg/hari
	=	250,000	kg/jam

5.1.3 Unit Pembangkit Steam (Steam Generator System)

Keberadaan unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan steam pada proses produksi n-butyl akrilat, yaitu dengan menyediakan ketel uap (boiler) dengan spesifikasi :

Kapasitas : 173.935,993 kg/jam

Jenis : Water Tube Boiler

Jumlah : 1 buah

Boiler tersebut dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve system* 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 pH nya yaitu sekitar 10,5– 11,5 karena pada pH yang terlalu

tinggi korosifitasnya tinggi. Sebelum masuk ke boiler, umpan dimasukkan dahulu ke dalam economizer, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran batubara 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 produksi.

5.1.4 Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan listrik di pabrik n-butyl akrilat ini dipenuhi oleh PLN, selain itu listrik cadangan dihasilkan dari generator pabrik apabila ada gangguan pasokan listrik dari PLN setempat. Hal ini bertujuan agar pasokan tenaga listrik dapat berlangsung kontinyu meskipun ada gangguan pasokan dari PLN. Energi listrik yang dihasilkan generator berasal dari putaran poros engkol yang digerakkan oleh panas yang dihasilkan dari bahan bakar solar. Spesifikasi generator yang digunakan dalam pabrik ini yaitu :

Kapasitas : 450 kW

Jenis : AC Generator

Jumlah : 1

Berikut merupakan rincian untuk kebutuhan listrik pabrik butil akrilat diantaranya sebagai berikut :

a. Kebutuhan listrik untuk alat proses

Tabel 5. 4 Kebutuhan listrik untuk alat proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Mixer-01	M-01	7,5	5.592,75
Reaktor-01	R-01	15	11.185,5
Pompa-01	P-01	0,05	37,285
Pompa-02	P-02	0,08	62,141
Pompa-03	P-03	0,05	37,285
Pompa-04	P-04	0,05	37,285
Pompa-05	P-05	0,33	248,567
Pompa-06	P-06	0,13	93,212
Pompa-07	P-07	0,17	124,283
Pompa-08	P-08	0,05	37,285
Pompa-09	P-09	0,05	37,285
Pompa-10	P-10	0,33	248,567
Total		23,79	17.741,445

Maka, power yang dibutuhkan adalah 17,741 kW

b. Kebutuhan Listrik untuk Utilitas

Tabel 5. 5 Kebutuhan listrik untuk utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Bak Penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi)	BU-01	2	1.491,4
Blower Cooling Tower	BL-01	3	2.237,1
Kompresor Udara	CP-01	5	3.728,5
Pompa-01	PU-01	10	7.457
Pompa-02	PU-02	15	11.185,5
Pompa-03	PU-03	15	11.185,5
Pompa-04	PU-04	0,05	37,285
Pompa-05	PU-05	15	11.185,5
Pompa-06	PU-06	15	11.185,5
Pompa-07	PU-07	7,5	5.592,75
Pompa-08	PU-08	7,5	5.592,75
Pompa-09	PU-09	7,5	5.592,75
Pompa-10	PU-10	2	1.491,4
Pompa-11	PU-11	3	2.237,1
Pompa-12	PU-12	3	2.237,1
Pompa-13	PU-13	0,05	37,285

Pompa-14	PU-14	0,05	37,285
Pompa-15	PU-15	3	2.237,1
Pompa-16	PU-16	3	2.237,1
Pompa-17	PU-17	0,05	3.728,5
Pompa-18	PU-18	0,05	37,285
Pompa-19	PU-19	0,05	37,285
Pompa-20	PU-20	0,05	37,285
Pompa-21	PU-21	0,05	37,285
Total		116,90	87.172,33

Maka, power yang dibutuhkan adalah 87,172 kW

c. Kebutuhan listrik alat kontrol

Power yang dibutuhkan untuk alat kontrol diperkirakan 25% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor : $P = 26,228$ kW.

d. Kebutuhan listrik untuk penerangan

Power yang dibutuhkan untuk alat penerangan diperkirakan 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor : $P = 15,737$ kW.

e. Kebutuhan listrik untuk peralatan kantor

Power yang dibutuhkan untuk kantor seperti (AC, computer, dan lain-lain) diperkirakan 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor $P = 15,737$ kW.

f. Kebutuhan listrik untuk bengkel, laboratorium, dan lain-lain

Power yang dibutuhkan untuk bengkel, laboratorium, dan lain-lain diperkirakan 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor : $P = 15,737 \text{ kW}$.

g. Kebutuhan listrik perumahan

Setiap rumah diperkirakan memerlukan listrik = 1.300 Watt Jumlah rumah = 20 unit Kebutuhan listrik perumahan = 26.000 Watt = 26 kW. Total kebutuhan listrik pabrik dapat dilihat berdasarkan tabel dibawah ini :

Tabel 5. 6 Kebutuhan listrik

No	Keperluan	Kebutuhan (Kw)
1	Kebutuhan plant	
	Proses	17,741
	Utilitas	87,172
2	Kebutuhan listrik	
	Listrik Ac	15,737
	Listrik Penerangan	15,737
3	Laboratorium dan Bengkel	15,737
4	Instrumentasi/alat kontrol	26,228
5	Perumahan	26
	Total	204,353

Kebutuhan listrik disuplai dari PLN, namun sebagai cadangan terdapat sebuah generator mandiri sebagai cadangan jika terjadi pemadaman listrik oleh PLN secara mendadak.

5.1.5 Unit Penyedia Udara Tekan

Dalam pabrik ini udara tekan dibutuhkan untuk menggerakkan instrumen instrumen control sebagai penggerak alat-alat kontrol di pabrik yang bekerja secara pneumatis. Tekanan udara instrumen yang digunakan adalah 7,2 bar. Dalam pabrik n-butyl akrilat ini terdapat sekitar 22 alat control yang memerlukan udara tekan untuk menggerakannya. Mekanisme atau proses

untuk membuat udara tekan yaitu udara lingkungan ditekan menggunakan compressor yang dilengkapi filter (penyaring) udara hingga mencapai tekanan 7,2 bar, selanjutnya udara tersebut dialirkan menuju alat kontrol dan alat proses yang membutuhkannya. Total kebutuhan udara instrumen diperkirakan sebesar 41,12064 m³ /jam. Udara yang digunakan harus dalam keadaan kering sehingga begitu keluar dari blower, udara dilewatkan melalui sebuah tangki udara (bejana pengering) yang berisi silica gel

5.1.6 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit ini bertujuan untuk menyediakan bahan bakar yang dipergunakan pada boiler. Bahan bakar yang digunakan adalah solar sebesar 478,751 L/jam

5.1.7 Unit Pengolahan Limbah atau Air Buangan

Limbah yang dihasilkan dari pabrik n-butyl akrilat dapat diklasifikasikan menjadi dua:

1. Bahan buangan cair.

Buangan cairan dapat berupa:

- a. Air buangan yang mengandung zat organik
- b. Buangan air domestik.
- c. *Back washfilter*, air berminyak dari pompa
- d. *Blow down cooling water*

Air buangan domestik berasal dari toilet di sekitar pabrik dan perkantoran. Air tersebut dikumpulkan dan diolah dalam unit stabilisasi dengan menggunakan lumpur aktif, aerasi dan injeksi gas klorin.

Air limbah dari laboratorium diolah melalui beberapa proses terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan karena mengandung zat-zat kimia. Proses pengolahan limbah cair ini adalah physical treatment, (pengendapan, penyaringan), chemical treatment (penambahan bahan kimia, pengontrolan pH) dan biological treatment.

Bahan buangan padat berupa lumpur dari proses pengolahan air dan slurry dari unit proses untuk menghindari pencemaran dari bahan buangan

padat maka dilakukan penanganan terhadap bahan buangan tersebut dengan cara membuat unit pembuangan limbah yang aman bagi lingkungan sekitar.

Tabel 5. 7 Spesifikasi Screener Utilitas

Alat	<i>Screener (FU-01)</i>
Fungsi	Menyaring kotoran-kotoran yang terbawa oleh air sungai dengan ukuran besar
Jenis	Aluminium
Spesifikasi	
Kapasitas (kg/jam)	53.619,47
Panjang (ft)	10
Lebar (ft)	8
Diameter (cm)	1
Jumlah	1

Tabel 5. 8 Spesifikasi Sand Filter Utilitas

Alat	<i>Sand Filter (FU-02)</i>
Fungsi	Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air yang akan diolah
Bahan	Bak Berbentuk balok
Material	<i>Spheres</i>
Ukuran Pasir (<i>mesh</i>)	28
Spesifikasi	
Volume (m ³)	5,96
Panjang (m)	2,28
Lebar (m)	2,28
Tinggi (m)	1,14
Jumlah	1

Tabel 5. 9 Spesifikasi Cooling Tower Utilitas

Alat	Cooling Tower (CT-01)
Fungsi	Mendinginkan air pendingin setelah digunakan
Jenis	<i>Cooling Tower Inducerd Draft</i>
Spesifikasi	
Panjang (m)	1,76
Lebar (m)	1,76
Tinggi (m)	1,76
Jumlah	1

Tabel 5. 10 Spesifikasi Mixed Bed Utilitas

Alat	Mixed Bed (TU-05)
Fungsi	Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation seperti Ca dan Mg, serta anion seperti Cl, SO ₄ dan NO ₃
Jenis	Tangki <i>Silinder</i> Tegak
Resin	<i>Zeolit</i>
Spesifikasi	
Diameter Tangki (m)	0,22
Tinggi tangki (m)	0,91
Tinggi <i>bed</i> (m)	0,76
Volume <i>bed</i> (m ³)	0,029
Volume bak resin (m ³)	10.565,94
Tebal (in)	0,1875
Jumlah	1

Tabel 5. 11 Spesifikasi Blower Cooling Tower Utilitas

Alat	<i>Blower Cooling Tower (BL-01)</i>
Fungsi	Menghembuskan udara ke <i>cooling tower</i>
Jenis	<i>Centrifugal Blower</i>
Spesifikasi	
Kapasitas (m ³ /jam)	22.788,94
Efisiensi	0,86
Power (Hp)	3
Bahan	<i>Carbon Steel SA-285 Grade C</i>
Jumlah	1

Tabel 5. 12 Spesifikasi Dearator Utilitas

Alat	<i>Dearator (De-01)</i>
Fungsi	Menghilangkan gas CO ₂ dan O ₂ yang terikat dalam <i>feed water</i> yang menyebabkan kerak pada <i>reboiler</i> dan <i>turbin</i>
Jenis	Tangki <i>Silinder</i> Tegak
Spesifikasi	
Kapasitas (m ³ /jam)	0,48
Tinggi (m)	0,90
Diameter (m)	0,90
Volume (m ³)	0,575
Jumlah	1

Tabel 5. 13 Spesifikasi Bak Utilitas

Bak	BU-01	BU-02	BU-03	BU-04	BU-05	BU-06
Fungsi	Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai dengan proses sedimentasi	Mengendapkan kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan yang berfungsi untuk menggumpalkan kotoran	Mengendapkan endapan yang berbentuk <i>flok</i> yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (menghilangkan flokulasi)	Mengendapkan endapan yang berbentuk <i>flok</i> yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (memberi kesempatan untuk proses flokulasi O ₂)	Menampung sementara <i>raw water</i> setelah disaring di <i>sand filter</i>	Menampung kebutuhan air pendingin
Jenis	Bak Persegi	Bak <i>Silinder</i> Tegak	Bak Persegi	Bak Persegi	Bak Persegi	Bak Persegi Panjang
Bahan	Bertulang	Beton bertulang	Beton bertulang	Beton bertulang dan dilapisi porselin	Beton bertulang dan dilapisi porselin	Beton Bertulang
Spesifikasi						
Panjang (m)	8,15	-	9,17	9,33	4,79	11,52
Lebar (m)	8,15	-	9,17	9,33	4,79	11,52
Tinggi (m)	4,07	4,34	4,58	4,66	2,39	5,76
Diameter (m)	-	4,34	-	-	-	-
Jumlah	1	1	1	1	1	1

Tabel 5. 14 Spesifikasi Tangki Utilitas

Tangki	TU-01	TU-02	TU-03	TU-04	TU-05
Fungsi	Menyimpan dan menyiapkan larutan alum 5% untuk 2 minggu operasi	Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga	Menampung kebutuhan kaporit selama 1 minggu yang akan dimasukkan ke dalam tangki klorinasi (TU-02)	Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga	Menampung air bertekanan untuk keperluan layanan umum
Jenis	<i>Silinder Tegak</i>				
Bahan	<i>Carbon Steel</i>				
Spesifikasi					
Tinggi (m)	1,93	3,05	0,39	2,09	2,09
Diameter (m)	1,07	3,05	0,39	2,09	2,09
Volume (m ³)	2,14	22,42	0,049	7,2	7,2
Jumlah	1	1	1	1	1

Tangki	TU-06	TU-07	TU-08	TU-09
Fungsi	Menampung/menyimpan larutan NaCl yang akan digunakan untuk meregenerasi <i>kation exchanger</i>	Menampung larutan NaOH yang akan digunakan untuk meregenerasi <i>anion exchanger</i>	Menampung air bebas mineral sebagian air proses dan air umpan <i>boiler</i>	Menyimpan larutan N ₂ H ₄
Jenis	<i>Silinder Tegak</i>			
Bahan	<i>Carbom Steel</i>			
Spesifikasi				
Tinggi (m)	0,53	1,23	3,5	0,91
Diameter (m)	0,53	1,23	3,5	0,91
Volume (m ³)	0,12	1,46	34,3	0,59
Jumlah	1	1	1	1

Tabel 5. 15 Spesifikasi Pompa Utilitas

Pompa	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05
Fungsi	Mengalirkan air dari sungai menuju <i>screening</i>	Mengalirkan air dari <i>Screener</i> menuju Reservoir/ Sedimentasi (B-02)	Mengalirkan air dari bak Sedimentasi (B-01) menuju Bak Koagulasi dan Flokulasi (B-02)	Mengalirkan air dari Tangki Alum (T-01) menuju Bak Koagulasi dan Flokulasi (B-02)	Mengalirkan air dari Bak Koagulasi/Flokulasi(B-02) menuju Bak Pengendap (BU-01)
Jenis	<i>Centrifugal Pump Single Stage</i>				
Tipe	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Radial Flow Impellers</i>	<i>Radial Flow Impellers</i>	<i>Radial Flow Impellers</i>	<i>Radial Flow Impellers</i>
Bahan	<i>Commercial Steel</i>				
Kapasitas (gpm)	276,92	291,49	276,92	0,01	276,92
Spesifikasi					
IPS (in)	2,5	2,5	2,5	0,125	2,5

No. Sch	40	40	40	40	40
OD (in)	2,88	2,88	2,88	0,405	2,88
ID (in)	2,47	2,47	2,47	0,269	2,47
Efisiensi Pompa (%)	78	79	78	45	79
Tenaga Pompa (HP)	7,188	9,819	8,775	0,00004	8,959
Tenaga Motor (HP)	10	15	15	0,05	15
Jumlah	1	1	1	1	1

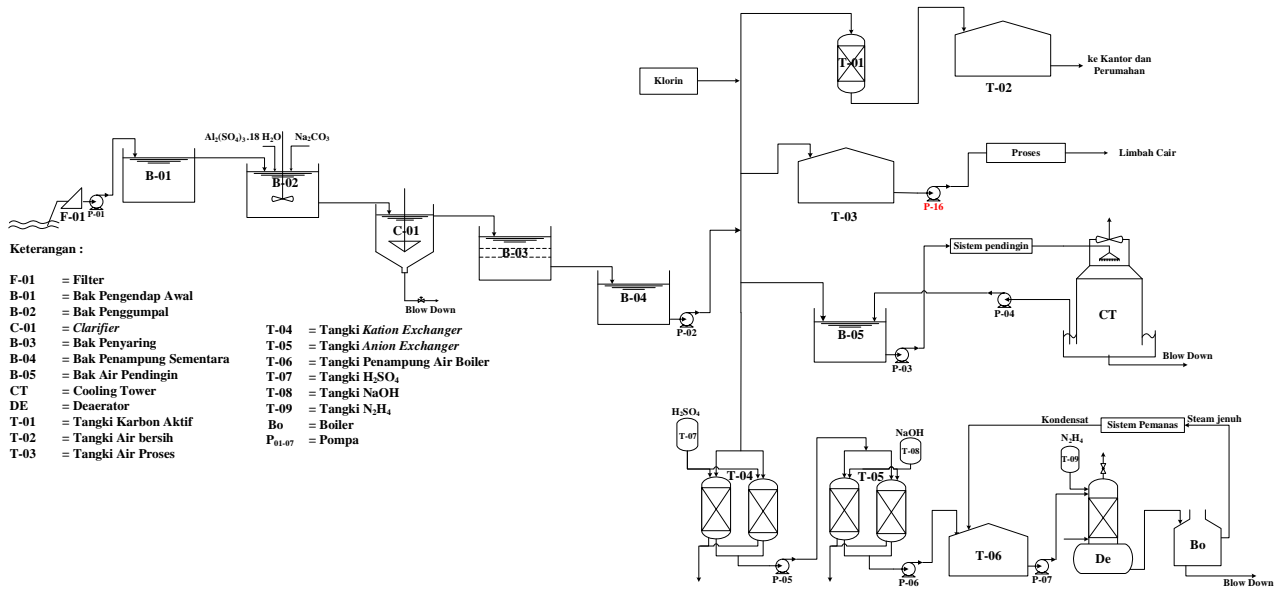
Pompa	PU-06	PU-07	PU-08	PU-09	PU-10
Fungsi	Mengalirkan air dari Bak Pengendap 1 (BU-01) menuju Bak Pengendap 2 (BU-02)	dari Bak Pengendap 1 (BU-01) menuju Bak Pengendap 2 (BU-02) Mengalirkan air dari Bak Pengendap 2 (BU-02) menuju Bak Saringan Pasir (FU-02)	Mengalirkan air dari Bak <i>Sand Filter</i> (FU-02) menuju Bak Penampung Sementara (BU-03)	Mengalirkan air dari Bak Penampung Sementara (BU-03) menuju ke area kebutuhan air	Mengalirkan Kaporit dari Tangki Kaporit (TU-03) menuju Tangki Klorinasi (TU-02)
Jenis	<i>Centrifugal Pump Single Stage</i>				
Tipe	<i>Radial Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>
Bahan	<i>Commercial Steel</i>				
Kapasitas (gpm)	291,49	249,92	237,42	237,42	96,5
Spesifikasi					
IPS (in)	2,5	2,5	2,5	2,5	2
No. Sch	40	40	40	40	40
OD (in)	2,88	2,88	2,88	2,88	2,38
ID (in)	2,47	2,47	2,47	2,47	2,067
Efisiensi Pompa	79	78	77	72	63
Tenaga Pompa (HP)	10,336	5,105	5,0531	4,405	1,295
Tenaga Motor (HP)	15	7,5	7,5	7,5	2
Jumlah	1	1	1	1	1

Pompa	PU-11	PU-12	PU-13	PU-14	PU-15
Fungsi	Mengalirkan air dari Tangki Klorinasi menuju Tangki Air Bersih (T-01)	Mengalirkan air dari Tangki Air Bersih (T-01) Menuju area domestik	Mengalirkan air dari Tangki Air <i>Servis</i> menuju Tangki Air Bertekanan	Mengalirkan air dari Tangki Air Bertekanan menuju Area Kebutuhan <i>Servis</i>	Mengalirkan Air dari Bak Air Dingin (BU-04) menuju <i>Cooling Tower</i>
Jenis	<i>Centrifugal Pump Single Stage</i>				
Tipe	<i>Radial Flow Impellers</i>	<i>Radial Flow Impellers</i>	<i>Radial Flow Impellers</i>	<i>Radial Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>
Bahan	<i>Commercial Steel</i>				
Kapasitas (gpm)	96,5	96,5	1,3	1,3	137,15
Spesifikasi					
IPS (in)	2	2	0,5	0,5	2
No. Sch	40	40	40	40	40
OD (in)	2,38	2,38	0,84	0,84	2,38
ID (in)	2,067	2,067	0,622	0,622	2,067
Efisiensi Pompa (%)	65	63	45	45	70
Tenaga Pompa (HP)	2,194	2,32	0,0055	0,0055	2,295
Tenaga Motor (HP)	3	3	0,05	0,05	3
Jumlah	1	1	1	1	1

Pompa	PU-16	PU-17	PU-18	PU-19	PU-20	PU-21
Fungsi	Mengalirkan air dari <i>Cooling Tower</i> (CT-01) menuju <i>recycle</i> dari Bak Air Dingin	Mengalirkan air dari Tangki Penampung NaCl menuju <i>Mixed Bed</i>	Mengalirkan air dari Mixed Bed (TU-05) menuju Tangki Air Demin	Mengalirkan air dari Tangki Air Demin menuju Tangki Daerator (De-01)	Mengalirkan Larutan Hydrazine dari Tangki N ₂ H ₄ (T 09) menuju Tangki Daerator (De-01)	Mengalirkan Air dari Tangki Daerator (De- 01) menuju <i>Boiler</i>
Jenis	<i>Centrifugal Pump Single Stage</i>					
Tipe	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Radial Flow Impellers</i>	<i>Radial Flow Impellers</i>	<i>Radial Flow Impellers</i>	<i>Radial Flow Impellers</i>	<i>Radial Flow Impellers</i>
Bahan	<i>Commercial Steel</i>					
Kapasitas (gpm)	137,15	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47
Spesifikasi						
IPS (in)	2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
No. Sch	40	40	40	40	40	40
OD (in)	2,38	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
ID (in)	2,067	0,622	0,622	0,622	0,622	0,622
Efisiensi Pompa	70	78	45	45	45	45
Tenaga Pompa (HP)	2,295	0,0071	0,0171	0,0078	0,0078	0,0078
Tenaga Motor (HP)	3	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Jumlah	1	1	1	1	1	1

DIAGRAM UTILITAS

Unit Pengolahan Air Industri



Gambar 5. 1 Diagram Utilitas

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

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

Perhitungan evaluasi ekonomi meliputi:

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

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

Beberapa analisis untuk menyatakan kelayakan:

- a. *Percent Return on Investment (ROI)*

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

b. *Pay Out Time* (POT)

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

c. *Break Even Point* (BEP)

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

d. *Discounted Cash Flow*

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

6.1 Penaksiran Harga Peralatan

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

$$E_x = E_y \cdot \frac{N_x}{N_y} \quad (6.1.1)$$

Dalam hubungan ini:

E_x : Harga pembelian pada tahun 2027

E_y : Harga pembelian pada tahun referensi

N_x : Indeks harga pada tahun 2027

N_y : Indeks harga pada tahun referensi

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

Tabel 6. 1 Indeks harga alat tahun 1987 - 2018

(Xi)	Indeks (Yi)
1987	323,8
1988	342,5
1989	355,4
1990	357,6
1991	361,3
1992	358,2
1993	359,2
1994	368,1
1995	381,1
1996	381,7
1997	386,5
1998	389,5
1999	390,6
2000	394,1
2001	394,3
2002	395,6
2003	402
2004	444,2
2005	468,2
2006	499,6
2007	525,4
2008	575,4
2009	521,9
2010	550,8
2011	585,7
2012	584,6
2013	567,3
2014	576,1
2015	556,8
2016	541,7
2017	507,5
2018	603,1

Sumber : www.chemengonline.com/pci

Pabrik direncanakan berdiri pada tahun 2022. Nilai index Chemical Engineering Progress (CEP) pada tahun pendirian pabrik diperoleh dengan cara regresi linier. Dari regresi linier diperoleh persamaan : $y = 9,1139 x - 17799$

Tabel 6. 2 Harga indeks hasil regresi linear

Tahun	Index
2014	556,395
2017	583,736
2018	592,850
2019	601,964
2020	611,078
2021	620,192
2022	629,306
2023	638,420
2024	647,534
2025	656,647
2026	665,761
2027	674,875

Jadi ,harga index pada tahun 2027 sebesar 674,875.

Tabel 6. 3 Harga alat proses

Nama Alat	Kode Alat	Harga	Jumlah	EY	EX
		(Rupiah)		2014	2027
Tangki Asam akrilat	T-01	Rp 3.885.203.560	1	\$ 256.400	\$ 300.361
Tangki Butanol	T-02	Rp 5.215.628.180	1	\$ 344.200	\$ 403.215
tangki DBSA	T-03	Rp 224.262.920	1	\$ 14.800	\$ 17.338
Tangki MEHQ	T-04	Rp 337.909.670	1	\$ 22.300	\$ 26.123
Tangki Produk	T-05	Rp 5.123.195.490	1	\$ 338.100	\$ 396.069
Gudang	G-01	Rp 250.000.000	1	\$ 16.498	\$ 19.327
Mixer	M-01	Rp 3.673.062.960	1	\$ 242.400	\$ 283.961
Reaktor	R-01	Rp 5.724.765.620	1	\$ 377.800	\$ 442.576
Decanter	Dc-01	Rp 918.265.740	1	\$ 60.600	\$ 70.990
Menara Distilasi	MD-01	Rp 3.750.342.750	1	\$ 247.500	\$ 289.935
Condensor	CD-01	Rp 250.022.850	1	\$ 16.500	\$ 19.329
Reboiler	RB-01	Rp 222.747.630	1	\$ 14.700	\$ 17.220
Heater	HE-01	Rp 165.166.610	1	\$ 10.900	\$ 12.769
	HE-02	Rp 54.550.440	1	\$ 3.600	\$ 4.217
	HE-03	Rp 127.284.360	1	\$ 8.400	\$ 9.840
Cooler	CL-01	Rp 156.074.870	1	\$ 10.300	\$ 12.066
	CL-02	Rp 378.822.500	1	\$ 25.000	\$ 29.286
Pompa	P-01	Rp 401.551.850	1	\$ 26.500	\$ 31.044
	P-02	Rp 410.643.590	1	\$ 27.100	\$ 31.746

	P-03	Rp 333.363.800	1	\$ 22.000	\$ 25.772
	P-04	Rp 347.001.410	1	\$ 22.900	\$ 26.826
	P-05	Rp 425.796.490	1	\$ 28.100	\$ 32.918
	P-06	Rp 425.796.490	1	\$ 28.100	\$ 32.918
	P-07	Rp 425.796.490	1	\$ 28.100	\$ 32.918
	P-08	Rp 386.398.950	1	\$ 25.500	\$ 29.872
	P-09	Rp 386.398.950	1	\$ 25.500	\$ 29.872
	P-10	Rp 410.643.590	1	\$ 27.100	\$ 31.746
Total		Rp 34.410.697.760	27	Rp 2.270.898	Rp 2.660.256

Tabel 6. 4 *Harga alat utilitas*

Nama Alat	Kode Alat	Harga	Jumlah	EY	EX
		(Rupiah)		2014	2027
Screening	FU-01	Rp 263.660.460	1	\$ 17.400	\$ 20.383
Bak Pengendapan Awal/Sedimentasi	BU-01	Rp 271.236.910	1	\$ 17.900	\$ 20.969
Bak Koagulasi dan Flokulasi	BU-02	Rp 122.738.490	1	\$ 8.100	\$ 9.489
Bak Pengendap I	BU-03	Rp 271.236.910	1	\$ 17.900	\$ 20.969
Bak Pengendap II	BU-04	Rp 271.236.910	1	\$ 17.900	\$ 20.969
Sand Filter	FU-02	Rp 490.953.960	1	\$ 32.400	\$ 37.955
Bak Air Penampung Sementara	BU-05	Rp 122.738.490	1	\$ 8.100	\$ 9.489
Bak Air Pendingin	BU-06	Rp 12.122.320	1	\$ 800	\$ 937
Cooling Tower	CT-01	Rp 3.397.280.180	1	\$ 224.200	\$ 262.640
Blower Cooling Tower	BL-01	Rp 4.545.870	1	\$ 300	\$ 351
Deaerator	DE	Rp 167.924.438	1	\$ 11.082	\$ 12.982
Boiler	BO-01	Rp 4.568.599.350	1	\$ 301.500	\$ 353.194
Tangki Alum	TU-01	Rp 468.224.610	1	\$ 30.900	\$ 36.198
Tangki Klorinasi	TU-02	Rp 162.136.030	1	\$ 10.700	\$ 12.535
Tangki Kaporit	TU-03	Rp 468.224.610	1	\$ 30.900	\$ 36.198
Tangki Air Bersih	T-01	Rp 657.635.860	1	\$ 43.400	\$ 50.841
Tangki Air Bertekanan	TU-04	Rp 316.695.610	1	\$ 20.900	\$ 24.483
Mixed Bed	TU-05	Rp 22.729.350	1	\$ 1.500	\$ 1.757
Tangki NaCl	T-02	Rp 40.912.830	1	\$ 2.700	\$ 3.163
Tangki Air Demin	TU-09	Rp 180.319.510	1	\$ 11.900	\$ 13.940
Tangki NaOH	T-03	Rp 37.882.250	1	\$ 2.500	\$ 2.929
Tangki N2H4	T-09	Rp 37.882.250	1	\$ 2.500	\$ 2.929
Pompa 1	PU-01	Rp 104.948.985	1	\$ 6.926	\$ 8.113
Pompa 2	PU-02	Rp 104.948.985	1	\$ 6.926	\$ 8.113
Pompa 3	PU-03	Rp 128.799.650	1	\$ 8.500	\$ 9.957

Pompa 4	PU-04	Rp 128.799.650	1	\$ 8.500	\$ 9.957
Pompa 5	PU-05	Rp 128.799.650	1	\$ 8.500	\$ 9.957
Pompa 6	PU-06	Rp 27.744.960	1	\$ 1.831	\$ 2.145
Pompa 7	PU-07	Rp 27.744.960	1	\$ 1.831	\$ 2.145
Pompa 8	PU-08	Rp 27.744.960	1	\$ 1.831	\$ 2.145
Pompa 9	PU-09	Rp 15.410.499	1	\$ 1.017	\$ 1.191
Pompa 10	PU-10	Rp 27.744.960	1	\$ 1.831	\$ 2.145
Pompa 11	PU-11	Rp 15.410.499	1	\$ 1.017	\$ 1.191
Pompa 12	PU-12	Rp 15.410.499	1	\$ 1.017	\$ 1.191
Pompa 13	PU-13	Rp 15.410.499	1	\$ 1.017	\$ 1.191
Pompa 14	PU-14	Rp 27.744.960	1	\$ 1.831	\$ 2.145
Pompa 15	PU-15	Rp 27.744.960	1	\$ 1.831	\$ 2.145
Pompa 16	PU-16	Rp 15.410.499	1	\$ 1.017	\$ 1.191
Pompa 17	PU-17	Rp 15.410.499	1	\$ 1.017	\$ 1.191
Pompa 18	PU-18	Rp 15.410.499	1	\$ 1.017	\$ 1.191
Pompa 19	PU-19	Rp 15.410.499	1	\$ 1.017	\$ 1.191
Pompa 20	PU-20	Rp 15.410.499	1	\$ 1.017	\$ 1.191
Pompa 21	PU-21	Rp 15.410.499	1	\$ 1.017	\$ 1.191
Tangki Bahan Bakar Boiler	T-06	Rp 50.004.570	1	\$ 3.300	\$ 3.866
Tangki bahan bakar generator	T-07	Rp 209.110.020	1	\$ 13.800	\$ 16.166
Kompresor	KP	Rp 83.340.950	1	\$ 5.500	\$ 6.443
Total		Rp 13.616.244.411	46	Rp 898.590	Rp 1.052.658

6.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas Produksi	= 20.000 Ton/tahun
Satu tahun operasi	= 330 hari
Pabrik didirikan	= 2027
Kurs mata uang	= Rp 15.152

6.3 Perhitungan Biaya

6.3.1 *Capital Investment*

Modal atau capital investment adalah sejumlah uang yang harus disediakan untuk mendirikan dan menjalankan suatu pabrik.

Ada 2 macam capital investment, yaitu:

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

Tabel 6. 5 PPC

NO	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	<i>Purchased Equipment Cost</i>	\$ 3.712.913,55	Rp 56.261.407.751,67
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	\$ 928.228,39	Rp 14.065.351.937,92
3	Instalasi	\$ 716.124,07	Rp 10.851.356.442,04
4	Pemipaan	\$ 2.175.109,91	Rp 32.959.222.886,01
5	Instrumentasi	\$ 948.793,67	Rp 14.376.975.658,40
6	Insulasi	\$ 159.466,09	Rp 2.416.373.730,89
7	Listrik	\$ 556.937,03	Rp 8.439.211.162,75
8	Bangunan	\$ 2.104.877,61	Rp 31.895.000.000,00
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	\$ 2.213.239,71	Rp 33.537.000.000,00
TOTAL PPC		\$13.515.690,04	Rp 204.801.899.569,68

Tabel 6. 6 DPC

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Teknik dan Konstruksi	\$ 2.703.138,01	Rp 40.960.379.913,94
Total (DPC)		\$ 2.703.138,01	Rp 40.960.379.913,94

Tabel 6. 7 Fixed Capital Investment (FCI)

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	<i>Direct Plan Cost</i>	\$ 16.218.828,05	Rp 245.762.279.483,61
2	<i>Contractor's fee</i>	\$ 1.297.506,24	Rp 19.660.982.358,69
3	<i>Contingency</i>	\$ 1.621.882,80	Rp 24.576.227.948,36
Fixed Capital Investment (FCI)		\$ 19.138.217,09	Rp 289.999.489.790,66

b. *Working Capital* adalah uang yang dikeluarkan untuk menjalankan kegiatan operasi pabrik agar menghasilkan suatu produk. Modal biasanya didapatkan dari uang sendiri dan bisa juga berasal dari pinjaman dari bank. Perbandingan jumlah uang sendiri atau equity dengan jumlah pinjaman dari bank tergantung dari perbandingan antara pinjaman dan uang sendiri adalah 30:70 atau 40:60 atau kebijaksanaan lain tentang rasio modal tersebut. Karena penanaman modal dengan harapan mendapatkan keuntungan dari modal yang ditanamkan maka ciri-ciri investasi yang baik antara lain:

- 1) Investasi cepat kembali
- 2) Menghasilkan keuntungan yang besar (maksimum)

3) Aman baik secara hukum teknologi dan lain sebagainya

Tabel 6. 8 Working Capital (WC)

No	Type of Expense	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Raw Material Inventory	\$ 874.084,60	Rp 13.244.916.532,64
2	In Process Inventory	\$ 77.703,76	Rp 1.177.437.327,58
3	Product Inventory	\$ 1.087.852,66	Rp 16.484.122.586,10
4	Extended Credit	\$ 1.569.697,32	Rp 23.785.466.533,54
5	Available Cash	\$ 4.662.225,69	Rp 70.646.239.654,69
Working Capital (WC)		\$ 8.271.564,03	Rp 125.338.182.634,55

6.3.2 Manufacturing Cost

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

a. Direct cost

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

Tabel 6. 9 Direct Manufacturing Cost (DMC)

No	Type of Expense	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Raw Material	\$ 41.206.845,42	Rp 624.403.207.967,40
2	Labor	\$ 1.356.176,05	Rp 20.550.000.000,00
3	Supervision	\$ 135.617,60	Rp 2.055.000.000,00
4	Maintenance	\$ 382.764,34	Rp 5.799.989.795,81
5	Plant Supplies	\$ 57.414,65	Rp 869.998.469,37
6	Royalty and Patents	\$ 740.000,17	Rp 11.213.148.508,67
7	Utilities	\$ 447.710,01	Rp 6.784.105.040,06
Direct Manufacturing Cost (DMC)		\$ 44.326.528,24	Rp 671.675.449.781,32

b. Indirect cost

Indirect cost yaitu pengeluaran-pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik. Yang termasuk dalam *indirect cost* adalah *payroll overhead, laboratory, plant overhead, packaging, shipping*.

Tabel 6. 10 Indirect Manufacturing Cost (IMC)

No	Type of Expense	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Payroll Overhead	\$ 203.426,41	Rp 3.082.500.000,00
2	Laboratory	\$ 135.617,60	Rp 2.055.000.000,00
3	Plant Overhead	\$ 813.705,63	Rp 12.330.000.000,00
4	Packaging and Shipping	\$ 3.700.000,83	Rp 56.065.742.543,34
Indirect Manufacturing Cost (IMC)		\$ 4.852.750,47	Rp 73.533.242.543,34

c. *Fixed manufacturing cost*

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

Tabel 6. 11 Fixed Manufacturing Cost (FMC)

No	Type of Expense	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Depreciation	\$ 1.531.057,37	Rp 23.199.959.183,25
2	Property taxes	\$ 382.764,34	Rp 5.799.989.795,81
3	Insurance	\$ 191.382,17	Rp 2.899.994.897,91
Fixed Manufacturing Cost (FMC)		\$ 2.105.203,88	Rp 31.899.943.876,97

Tabel 6. 12 Manufacturing Cost (MC)

No	Type of Expense	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Direct Manufacturing Cost (DMC)	\$ 44.326.528,24	Rp 671.675.449.781,32
2	Indirect Manufacturing Cost (IMC)	\$ 4.852.750,47	Rp 73.533.242.543,34
3	Fixed Manufacturing Cost (FMC)	\$ 2.105.203,88	Rp 31.899.943.876,97
Manufacturing Cost (MC)		\$ 51.284.482,59	Rp 777.108.636.201,63

6.3.3 General Expense

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

a. Administrasi

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

b. Sales

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

c. Riset (penelitian)

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

Tabel 6. 13 *General Expense (GE)*

No	Type of Expense	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Administration	\$ 1.538.534,48	Rp 23.313.259.086,05
2	Sales expense	\$ 7.692.672,39	Rp 116.566.295.430,24
3	Research	\$ 2.564.224,13	Rp 38.855.431.810,08
4	Finance	\$ 548.195,62	Rp 8.306.753.448,50
General Expense (GE)		\$ 12.343.626,62	Rp 187.041.739.774,88

Tabel 6. 14 *Total Production Cost (TPC)*

No	Type of Expense	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Manufacturing Cost (MC)	\$ 51.284.482,59	Rp 777.108.636.201,63
2	General Expense (GE)	\$ 12.343.626,62	Rp 187.041.739.774,88
Total Production Cost (TPC)		\$ 63.628.109,21	Rp 964.150.375.976,50

i. Analisa Keuntungan

1. Keuntungan Sebelum Pajak

Total Penjualan : Rp 1.121.314.850.867

Total Production cost : Rp 964.150.375.977

Keuntungan : Rp 157.164.474.890

2. Keuntungan Setelah Pajak

Pajak 20% : Rp 31.432.894.978

Keuntungan : Rp 125.731.579.912

ii. Analisa Kelayakan

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

Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan yaitu:

6.3.4 Return On Investment (ROI)

Return on investment adalah rasio uang yang diperoleh atau hilang pada suatu investasi, relatif terhadap jumlah uang yang diinvestasikan. Jumlah uang yang diperoleh atau hilang tersebut dapat disebut bunga atau laba/rugi. Investasi uang dapat dirujuk sebagai aset, modal, pokok, basis biaya investasi. ROI biasanya dinyatakan dalam bentuk persentase dan bukan dalam nilai desimal.

ROI tidak memberikan indikasi berapa lamanya suatu investasi. Namun, ROI sering dinyatakan dalam satuan tahunan atau disetahunkan dan sering juga dinyatakan untuk suatu tahun kalendar atau fiskal. ROI digunakan untuk membandingkan laba atas investasi antara investasi-investasi yang sulit dibandingkan dengan menggunakan nilai moneter.

$$ROI = \frac{\textit{profit}}{\textit{FCI}} \times 100\% \quad (6.3.4.1)$$

FCI = Fixed Capital Investment

A. ROI sebelum pajak

ROI = 54 %

B. ROI setelah pajak

ROI = 43,36 %

6.3.5 Pay Out Time (POT)

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

$$POT = \frac{\textit{FCI}}{(\textit{Keuntungan Tahunan} + \textit{Depresiasi})} \quad (6.3.5.1)$$

- a. POT sebelum pajak
POT = 1,6 Tahun
- b. POT setelah pajak
POT = 1,9 Tahun

6.3.6 *Discounted Cash Flow of Return (DCFR)*

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

Biasanya, seorang investor ingin mengetahui bahwa jika dia menginvestasikan sejumlah dana pada satu instrumen investasi tertentu, maka setelah kurun waktu tertentu (misalnya setahun), dana tersebut akan tumbuh menjadi berapa. Untuk menghitungnya, maka digunakanlah DCF. Persamaan untuk menentukan DCFR:

$$(FC + WC)(1 + i)^N = C \sum_{n=0}^{n=N-1} (1 + i)^N + WC + SV \quad (6.3.6.1)$$

Dimana:

FC : *Fixed Capital*

WC : *Working Capital*

SV : *Salvage Value*

C : *Cash Flow*

n : Umur Pabrik = 10 tahun

I : Nilai DCFR

Sehingga diperoleh nilai DCFR adalah 30,1%

6.3.7 *Break Even Point*

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

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

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

1. Menekan sebisa mungkin biaya produksi atau biaya operasional sekecil kecilnya, serendah rendahnya tetapi tingkat harga, kualitas maupun kuantitasnya tetap dipertahankan sebisanya.
2. Penentuan harga jual sedemikian rupa menyesuaikan tingkat keuntungan yang diinginkan/dikehendaki.

Volume kegiatan ditingkatkan dengan semaksimal mungkin untuk menentukan nilai BEP dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut

$$BEP = \frac{(Fa+0,3Ra)}{(Sa-Va-0,7Ra)} \times 100\% \quad (6.3.7.1)$$

Dimana :

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

Sehingga diperoleh nilai BEP sebesar 40,84 %

6.3.8 *Shut Down Point (SDP)*

Analisis *Shut Down Point* merupakan titik pada tingkat penjualan berapa usaha perusahaan secara ekonomis tidak pantas untuk dilanjutkan. Manajemen memerlukan informasi pada pendapatan penjualan berapausaha perusahaan secara ekonomis tidak pantas untuk dilanjutkan jika pendapatan penjualannya tidak mencukupi untuk menutupi biaya tetap tunainya. Untuk menjawab pertanyaan ini, manajemen memerlukan informasi titik penutupan usaha (*Shut Down Point*). (Mulyadi, 2001:229)

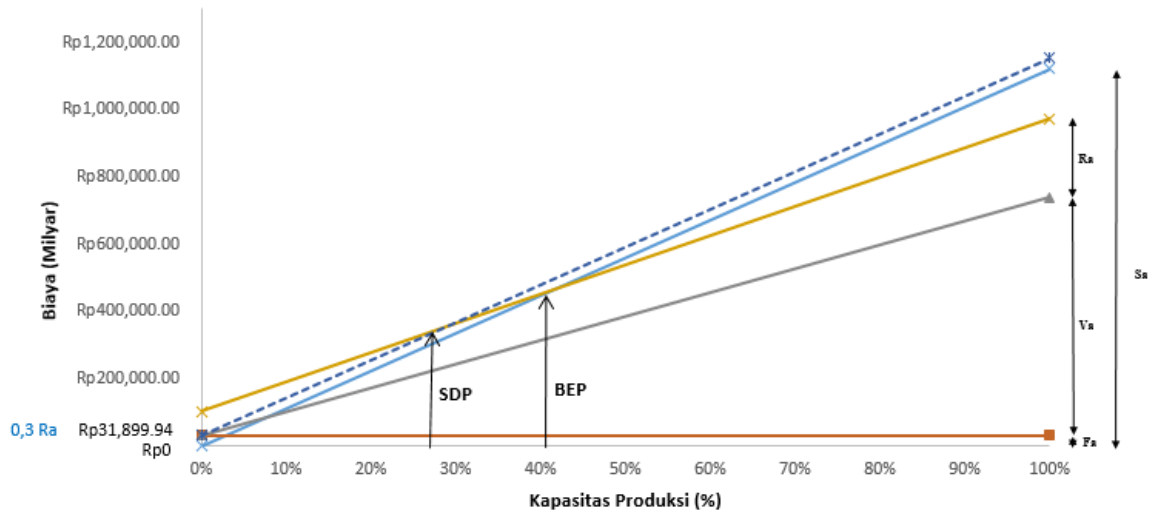
“Biaya tetap tunai adalah biaya-biaya yang memerlukan pembayaran segera dengauang kas, seperti sewa gedung, gaji pegawai tetap dan sebagainya”. (Mulyadi,2001:256)

Untuk menghitung nilai SDP dapat diperoleh menggunakan persamaan berikut:

$$SDP = \frac{0,3Ra}{(Sa - Va - 0,7ra)} \times 100\% \quad (6.3.8.1)$$

Diperoleh nilai SDP sebesar 28,07 %

Setelah dilakukan Analisa diperoleh grafik seperti dibawah ini:



Gambar 6.1 Grafik evaluasi ekonomi

Pada grafik menunjukkan bahwa nilai Sa pada 0% atau kapasitas 0% bernilai 0 dimana pada titik tersebut belum terjadi produksi n butyl akrilat, akan tetapi pada titik 0% terdapat biaya *cost* produksi yang terdiri dari Fa, Va, dan Ra sehingga meskipun produk belum terbentuk terdapat beberapa biaya yang harus dibayarkan seperti gaji karyawan, *maintenance, insurance, taxes, raw material*.

BAB VII KESIMPULAN

7.1 Kesimpulan

Pabrik n-butyl akrilat dari asam akrilat dan butanol dengan kapasitas 20.000 ton/tahun, dapat disimpulkan bahwa :

1. Berdasarkan tinjauan kondisi operasi, pemilihan bahan baku dan jenis produk, maka pabrik n-butyl akrilat dari asam akrilat dan butanol ini tergolong pabrik berisiko rendah (*low risk*).
2. Hasil analisis ekonomi didapatkan :
 - 1) Keuntungan yang diperoleh :
Keuntungan sebelum pajak Rp 157.164.474.890/tahun, dan keuntungan setelah pajak (20%) sebesar Rp 125.731.579.912/tahun.
 - 2) *Return On Investment* (ROI) :
Presentase ROI sebelum pajak sebesar 54 %, dan ROI setelah pajak sebesar 43%. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah minimum adalah 11 % (Aries & Newton, 1955).
 - 3) *Pay Out Time* (POT) :
POT sebelum pajak selama 1,6 tahun dan POT setelah pajak selama 1,9 tahun. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah maksimum adalah 5 tahun (Aries & Newton, 1955).
 - 4) *Break Event Point* (BEP)
pada 40,84 %, dan *Shut Down Point* (SDP) pada 28,07 %. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40–60%.
 - 5) *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 30,1 %. Suku bunga Simpanan di bank saat ini adalah 6,5 % (www.bi.go.id, 29 Agustus 2017). Syarat minimum DCFR adalah di atas suku bunga simpanan bank yaitu $1,5 \times$ suku bunga simpanan bank ($1,5 \times 6,5\% = 9,75\%$) (Aries & Newton, 1955).

Dari hasil analisis ekonomi di atas dapat disimpulkan bahwa pabrik n-butyl akrilat dari asam akrilat dan butanol dengan kapasitas 20.000 ton/tahun ini layak dan menarik untuk dikaji lebih lanjut.

7.2 Saran

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

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

Daftar Pustaka

- Aries, R.S., and Newton, R.D., 1955, *Chemical Engineering Cost Estimation*, McGraw Hill Handbook Co., Inc., New York
- Badan Pusat Statistik, 2016, “*Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia*”, <http://www.bps.go.id>., diakses tanggal 3 juni 2017.
- 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. & Young, E.H., 1979, “*Process Equipment Design*”, New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Coulson, J.M. & Richardson, J.F., 1983, *Chemical Engineering* Vol. 6, Oxford: Pergamon Press.
- Considine, & Douglas M. 1985. *Instruments and Controls Handbook*. 3rd Edition.
USA: Mc.Graw-Hill, Inc
- Faith, Keyes & Clark., 1955, “*Industrial Chemical*“ 2th ed. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Kern, D.Q., 1950, *Process Heat Transfer*, New York: Mc. Graw-Hill International Book Company Inc.
- Kirk, R.E. and Othmer, D.F., 1952, *Encyclopedia of Chemical Technology* 3rd ed., Vol. 9, New York: The Inter Science Encyclopedia, Inc.
- Levenspiel, O., 1972, *Chemical Reaction Engineering*, 2nd ed., John Wiley and Sons, Inc., New York

- Ludwig, E.E., 1964, *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*, Gulf Publishing, Co., Houston
- Matches. 2016. [http:// www.matce.com/Equipcost.html](http://www.matce.com/Equipcost.html) diakses tanggal 13 agustus 2017
- Mc Cabe, Smith, J.C., and Harriot, 1985, *Unit Operation of Chemical Engineering*, 3th ed., New York: Mc Graw Hill Book Co., Inc.
- 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
- Rase, H.F., and Barrow, M.H., 1957, *Project Engineering of Process Plants*, New York: Wiley, Inc.
- Smith, J.M. and Van Ness, H.C., 1987, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics* 3th ed., New York: Mc. Graw-Hill Book Co.
- Treyball, R.E., 1981, *Mass Transfer Operation*, 3 ed., Singapore: Mc. Graw Hill Book Company, Inc.
- Ullmann's., 1984, *Encyclopedia of Industrial Chemistry*, 4th ed., Wiley-VCH., Berlin
- Walas, S.M., 1988, *Chemical Process Equipment*, 3rd ed., USA: Butterworths series in chemical engineering.

Yaws, C.L., 1999, *Thermodynamics and Physical Property Data*, Mc. Graw-HillBook Co., New York.

Lampiran A
Perancangan Reaktor-01

Fungsi	: Tempat berlangsungnya reaksi antara Asam Akrilat dan Butanol serta katalis DBSA dan inhibitor MEHQ
Jenis	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Kondisi Operasi	: Suhu : 80 °C
Tekanan	: 1 atm : 14,7 psi
Reaksi sintesis	: $C_2H_3COOH + C_4H_9OH \rightarrow C_2H_3COOC_4H_9 + H_2O$
Kinetika Reaksi	:

Diketahui nilai analogi kinetika reaksi asam akrilat dan butanol menjadi butil akrilat sebagai berikut :

Maka,

$$k = 0,01254 \frac{L}{gmol} \cdot menit$$

Model matematis perancangan reaktor :

Asumsi Reaktor :

1. Eksotermal
2. Pengadukan sempurna
3. Laju alir volumetrik tetap
4. *Steady state*

Pada keadaan *stady state* maka dapat dituliskan :

Laju A masuk – Laju A keluar – Laju reaksi A = Laju akumulasi

$$F_V \cdot C_{A \text{ in}} - F_V \cdot C_{A \text{ out}} + (-r_A)V = 0$$

$$F_V \cdot C_{A \text{ in}} - F_V \cdot C_{A \text{ out}} = (-r_A)V$$

$$F_V(C_{A \text{ in}} - C_{A \text{ out}}) = (-r_A)V$$

$$V = \frac{F_V(C_{A \text{ in}} - C_{A \text{ out}})}{(-r_A)}$$

$$V = \frac{F_V(C_{A0} - C_{A0}(1 - X_A))}{(-r_A)}$$

$$V = \frac{F_V(C_{A0} \cdot X_A)}{k \cdot C_A}$$

$$V = \frac{F_V(C_{A0} \cdot X_A)}{k \cdot (C_{A0}(1 - X_A))}$$

$$V = \frac{F_V \cdot X_A}{k \cdot (1 - X_A)}$$

Maka diperoleh V sebesar $25,765 \text{ m}^3 = 5.669,99 \text{ gallon}$

Optimasi Reaktor

1. Jumlah Reaktor 1

$$V_1 = 25,765 \text{ m}^3$$

$$X_0 = 0$$

$$X_1 = 0,90$$

2. Jumlah Reaktor 2

$$V_1 = V_2 = 18,648 \text{ m}^3$$

3. Jumlah Reaktor 3

$$V_1 = V_2 = V_3 = 9,761 \text{ m}^3$$

4. Jumlah Reaktor 4

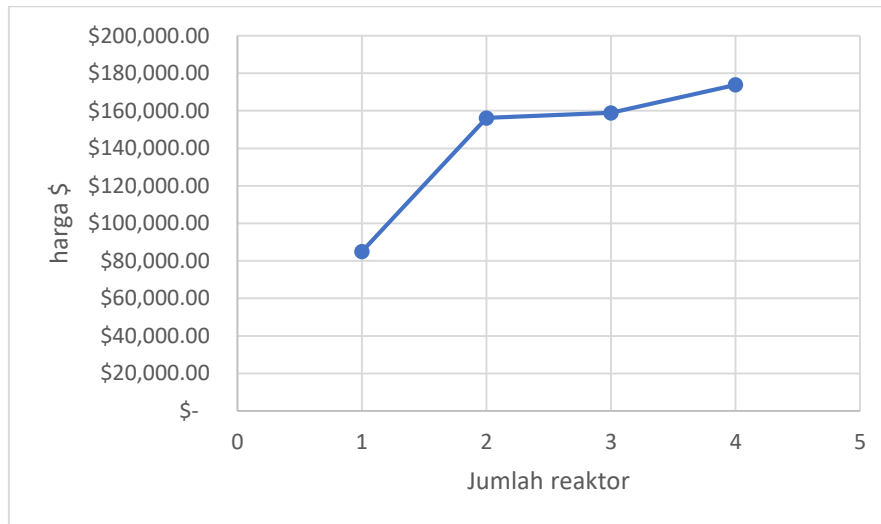
$$V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = 7,019 \text{ m}^3$$

Penentuan volume reactor 2-4 dengan menghitung konveksi seri yaitu :

$$(X_n - ((V_n \cdot k \cdot C_{A0} \cdot (1 - X_n) \cdot (M - X_n)) / F_V))$$

Lalu menggunakan goal seek dengan tujuan X_0 (selisih) = 0 dengan mengubah volume reactor yang akan dihitung.

Reaktor	Volume (gallon)	Harga
1	5.669,992585	\$ 84.971,00
2	9.852,787814	\$ 156.195,58
3	7.736,036061	\$ 158.884,25
4	7.416,627453	\$ 173.807,75



Menghitung Dimensi Reaktor

Untuk perbandingan diameter dan tinggi reaktor yang optimum adalah 1 : 1.48 (H:D=1,48:1). Jenis tutup bagian atas dan bawah yang digunakan adalah torispherical head. (Brownell, 1959 hal.41)

Densitas

Rumus Kimia	BM	Densitas (p) (kg/m ³)	Fw(kg/jam)	fraksi massa	$\rho \cdot xi$
C ₂ H ₃ COOH	72	982,057	1.936,039	0,484	475,0293238
C ₄ H ₉ OH	74	595,701	1.989,818	0,497	296,1498226
C ₇ H ₈ O ₂	124	1.101,938	49,745	0,012	13,6955691
C ₁₈ H ₃₀ O ₃ S	326	813,451	19,629	0,005	3,989382186
C ₂ H ₃ COOC ₄ H ₉	128	836,924	0,000	0,000	0
H ₂ O	18	975,641	7,260	0,002	1,76972115
Jumlah		5.305,713	4.002,492	1,000	790,634

Densitas campuran = 790,634 kg/m³

$$F_v = \frac{\text{Massa } (\frac{\text{kg}}{\text{jam}})}{\rho \text{ campuran } (\frac{\text{kg}}{\text{m}^3})}$$

$$= 5,062 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$V = 21,46 \text{ m}^3$$

$$V \text{ over design (20\%)} = 1,2 \times 21,46 \text{ m}^3 = 25,75 \text{ m}^3$$

$$V = \frac{\pi \times D^2 \times (H)}{4}$$

$$D = 3,20 \text{ m} = 126,03 \text{ in}$$

$$H = 4,73 \text{ m} = 186,53 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi Cairan (Hi)} = \frac{4 \times V}{\pi \times D^2} = 3,20 \text{ m}$$

Menghitung Tekanan Desain

$$\text{Tekanan Operasi} = 1 \text{ atm} = 214,7 \text{ psi}$$

$$\text{Densitas Campuran} = 790,634 \text{ kg/m}^3$$

$$P_{\text{hidrostatik}} = \frac{\rho \times g \times h}{gc}$$

Maka,

$$P_{\text{hidrostatik}} = 2.530,67 \text{ kg/m}^2 = 3,59 \text{ psi}$$

$$P_{\text{absolute}} = \text{Tekanan operasi} + \text{Tekanan hidrostatik}$$

$$P_{\text{absolute}} = 18,29 \text{ psi}$$

$$P_{\text{desain}} = 1,2 \text{ (overdesign 20\%)} \times \text{Tekanan absolut}$$

$$P_{\text{desain}} = 21,95 \text{ psi}$$

Menghitung Tebal Shell

$$ts = \frac{P \times r}{f \times E - 0,6 \times P} + C$$

$$P \text{ (Tekanan dalam tangki, psi)} = 18,29 \text{ psi}$$

$$f \text{ (Allowable stress, psi)} = 18.750 \text{ psi (Brownell, 1959 tabel 5.7 hal. 342)}$$

ri (jari-jari reaktor, in)	= 63,01 in
C (faktor korosi, in)	= 0,125 in
E (efisiensi sambungan, 80%)	= 0,8 (Brownell, 1959 tabel 13.2 hal. 254)
ts (Tebal <i>shell</i> , in)	= 0,37 in

Maka, diperoleh ts standar sebesar 0,375 in atau 3/8 in (Brownell, 1959 tabel 5.7 hal. 91)

Menghitung Dimensi Head

$$OD = (2 \times r) + (2 \times \text{tebal shell})$$

$$OD \text{ (outside design, in)} = 126,78 \text{ in}$$

Pada tabel 5.7 hal. 91 (Brownell, 1959), di dapat :

$$OD = 132 \text{ in}$$

$$icr = 7,25 \text{ in}$$

$$r = 114 \text{ in}$$

$$w = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{r}{icr}} \right)$$

$$w = 1,741 \text{ in}$$

$$th = \frac{P \times r \times w}{2 \times f \times E - 0,2 \times P} + C$$

$$th \text{ (tebal head, in)} = 0,188 \text{ in}$$

Berdasarkan tabel 5.8 brownell hal. 93, dengan th standar sebesar 0.25 (1/4 in) maka nilai sf adalah 1 1/2 – 2 1/4, sehingga dipilih nilai sf sebesar 2 in.

Menghitung Tinggi Head

$$OD \text{ (outside diameter, in)} = 132 \text{ in}$$

$$th \text{ (tebal head, in)} = 0.25 \text{ in}$$

$$ID = OD - 2 \times ts$$

$$ID = 131,25 \text{ in}$$

$$a = \frac{ID}{2}$$

$$a = 65,625 \text{ in}$$

$$AB = a - icr$$

$$AB = 58,4 \text{ in}$$

$$BC = r - icr$$

$$BC = 106,8 \text{ in}$$

$$AC = \sqrt{BC^2 + AB^2}$$

$$AC = 89,4 \text{ in}$$

$$b = r - AC$$

$$b = 24,6 \text{ in}$$

$$H_{head} (OA) = th + b + sf$$

$$H_{head} (OA) = 26,9 \text{ in} = 0,682 \text{ m}$$

$$h_{Reaktor} = 2 \times H_{head} + h_{Shell}$$

$$h_{Reaktor} = 6,10 \text{ m}$$

Menghitung Ukuran Pengaduk

Berdasarkan padatan katalis dipilih pengaduk dengan tipe Turbine with 6 Flat Blades sangat diperlukan untuk mencapai pengadukan 500 rpm. Berdasarkan buku brown (1978), hal. 507 diperoleh data:

$$Dt/Di = 3$$

$$Zl/Di = 2,7 - 3,9$$

$$Zi/Di = 0,75 - 1,3$$

$$Wb/Di = 0,17$$

$$L/Di = 1$$

$$\text{Baffle} = 4$$

Di (diameter pengaduk, in) = 1,06 m

ZL (tinggi cairan dalam reaktor, in) = 1,38 m

Wb (lebar baffle, in) = 0,18 m

Zi (jarak pengaduk, in) = 1,38 m

L (lebar pengaduk, in) = 0,53 m

Jumlah Impeler = 1

Menghitung Kecepatan Putaran Pengaduk

$$N = \frac{600}{\pi \times Di} \times \sqrt{\frac{WELH}{2 \times Di}}$$

$$WELH = Z_L \times Sg$$

WELH = 2,59 m

Jumlah Putaran (N) = 60,16 rpm = 1 rps

Menghitung Power Pengaduk

$$Pa = \frac{Np \times \rho \times N^3 D^5}{550 \times gc}$$

Np (power number) = 1 (fig. 447 buku brown hal.507)

ρ (densitas campuran) = 790,634 kg/m³

Di (diameter pengaduk) = 1,06 m

gc = 32,2 ft.lbm/s².lbf

N (kecepatan putaran pengaduk) = 1 rps

P = 821,613 hp

Maka, daya efisiensi motor adalah 84% (figur 14.38 peters hal. 521)

P (daya motor) = 883,46 hp

Neraca Panas Reaktor

	Kjoule/Jam	Kjoule/Jam
Q _{in}	479.833,6281	
Q _{out}		513.998,7413
Q _{reaksi}	633.810,8017	
Q _{pendingin}		599.645,6884
Total	1.113.644,430	11.136.44,430

Media pendingin yang digunakan adalah Cooling Water dengan suhu masuk 30 °C dan suhu keluar 45 °C.

$$\Delta H = Cp \times \Delta T$$

$$\Delta H = 4,1799 (313K - 298K) - 4,1775 (303K - 298K)$$

$$\Delta H = 4,1811 \text{ kj/kg}$$

Maka kebutuhan air pendingin :

$$Q = m \times Cp \times \Delta T$$

$$m = \frac{Q}{\Delta H}$$

$$m = 14.167,98 \text{ kg/jam}$$

Suhu LMTD

Komponen	°C	K	°F
Suhu fluida panas masuk (T ₁)	100	373	212
Suhu fluida panas keluar(T ₂)	100	373	212
Suhu fluida dingin masuk (t ₁)	30	303	86
Suhu fluida dingin keluar (t ₂)	45	318	113

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_2 - t_1) - (T_1 - t_2)}{\ln \frac{(T_2 - t_1)}{(T_1 - t_2)}}$$

$$\Delta T_{LMTD} = 111,95 \text{ °F}$$

Menghitung Luas Perpindahan Panas

$$A = \frac{Q}{U_D \times \Delta T_{LMTD}}$$

Nilai UD untuk light organic (hot) dan water (cold) sebesar 75 - 150 Btu/ft².°F jam.

Maka nilai UD = 150 btu/jam.ft².°F

$$A = 1,012 \text{ m}^2$$

Menghitung Luas Selubung Reaktor

$$A = \pi \times D \times H$$

$$A = 58,65 \text{ m}^2$$

Karena luas transfer panas < luas selubung reaktor maka dipilih jaket pendingin.

Perhitungan Desain Jaket Pendingin

Menghitung Ukuran Jaket Pendingin

Jarak antara dinding luar tangki dan dinding bagian dalam jaket (jw) diambil :

$$ID = OD + 2 \times jw$$

$$ID = 136 \text{ in}$$

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

$$H = 204 \text{ in}$$

Menghitung Tebal Dinding Jaket

$$ts = \frac{P \times r}{f \times E - 0,6 \times P} + C$$

P (Tekanan dalam tangki, psi)= 44,8398 psi

f (*Allowable stress*, psi) = 18.750 psi (Brownell, 1959 tabel 5.7 hal. 342)

ri (jari-jari reaktor, in) = 68 in

C (faktor korosi, in) = 0,125 in

E (efisiensi sambungan, 80%) = 0,8 (Brownell, 1959 tabel 13.2 hal. 254)

ts (Tebal *shell*, in) = 0,20 in

Maka, diperoleh ts standar sebesar 0,25 in atau 1/4 in (Brownell, 1959 tabel 5.7 hal. 91)

Menghitung Tebal Bottom

$$OD = (2 \times r) + (2 \times \text{tebal shell})$$

OD (*outside design*, in) = 136,5 in

Pada tabel 5.7 hal. 91 (Brownell, 1959), di dapat :

OD = 138 in

icr = 8 3/8 in

r = 132 in

$$w = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{r}{icr}} \right)$$

w = 1,743 in

$$th = \frac{P \times r \times w}{2 \times f \times E - 0,2 \times P} + C \quad (\text{Persamaan 7.77 Brownell, 1959})$$

th (tebal *Bottom*, in) = 0,257 in

Berdasarkan tabel 5.8 brownell hal. 93, dengan th standar sebesar 0.3125 (5/16 in) maka nilai sf adalah 1 1/2 – 3, sehingga dipilih nilai sf sebesar 3 in.

Sehingga diperoleh tinggi bottom sebesar 13,4 in

Menentukan Luas Transfer Panas Jaket

Luas permukaan tangki untuk tebal head >1 in (Persamaan 5.13 Brownell, 1959 hal.88):

$$\text{Diameter } (De) = OD + \frac{OD}{24} + 2 \times sf + \frac{2}{3} \times icr + th$$

Diameter (De) = 155,646 in

Rumus luas transfer panas jaket :

$$A = OD \times H + \frac{\pi}{4} \times OD^2$$

$$A = 43.101,54 \text{ in}^2$$

Menentukan Koefisien Perpindahan Panas antara Reaktor Dan Jaket

Berikut merupakan persamaan 2.10, kern hal.718 :

$$\frac{hi \times Di}{k} = 0,36 \left(\frac{L^2 \times N \times \rho}{\mu} \right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{Cp \times \mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

$$\text{Dengan } \mu = \mu_w, \text{ sehingga } \frac{\mu}{\mu_w} = 1$$

Di (diameter reaktor (ID shell), ft)	= 10,50 ft
ρ (densitas campuran, lb/ft ³)	= 49,35 lb/ft ³
Cp (kapasitas panas larutan, Btu/lb.°F)	= 5.539,51 Btu/lb.°F
DI/L (Diameter pengaduk, ft)	= 3,5 ft
N (Kecepatan rotasi pengaduk, rph)	= 4.080 rph
k (Konduktivitas panas larutan, Btu/jam.ft ² .(°F /ft)	= 0,332 Btu/jam.ft ² .(°F /ft)
μ (Viskositas campuran, lb/ft.jam)	= 1,58 lb/ft.jam
hi (koefisien perpindahan panas, Btu/jam ft ² .°F)	= 1.886,375 Btu/jam ft ² .°F

Menghitung hi_o

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

$$hi_o = 1.722,86 \text{ Btu/jam ft}^2 \cdot \text{°F}$$

Menghitung ho

Diketahui nilai j sebesar 1,2 dengan nilai Re_j 3,95(kern, fig. 20.2 hal. 718)

$$ho = j \frac{k}{De} \left(\frac{Cp \times \mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

$$h_o = 0,91 \text{ Btu/jam ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

Menghitung Clean Overall Coefficient (Uc) dan Designed Overall Coefficient (Ud)

$$U_c = \frac{h_i \times h_o}{h_i + h_o}$$

$$U_c = 0,90 \text{ Btu/jam ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

Diketahui nilai *fouling factor* (*kern*, tabel 12, hal.845) :

$$R_d = 0,001$$

$$\text{Maka, } h_D = 1/R_d$$

$$= 1.000$$

Berdasarkan example 20.1, Kern, hal. 720 :

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

$$U_d = 0,92 \text{ Btu/jam ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

Untuk heater : Hot fluid dan cold fluid : $m < 2 \text{ cp}$

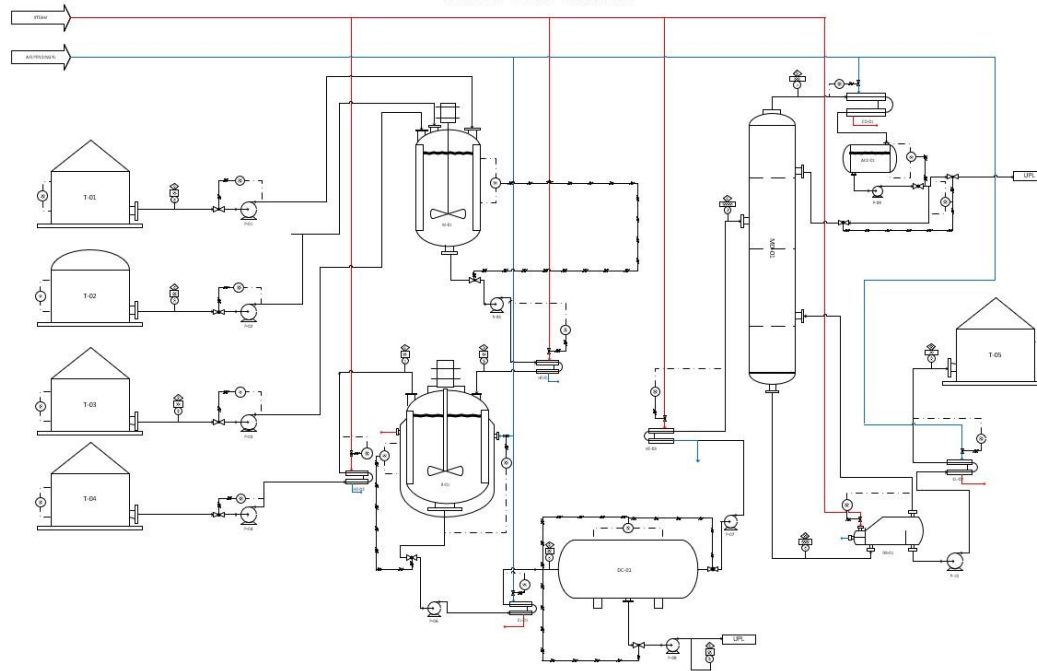
$$U_d = 100 - 500$$

Ud diambil 100

LAMPIRAN A

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM (PEFD)

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK BUTIL AKRILAT DARI ASAM AKRILAT DAN BUTANOL KAPASITAS
20.000 TON/TAHUN



Komposisi	Nilai-nilai Arus (Kg/jam)										
	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6	Arus 7	Arus 8	Arus 9	Arus 10	Arus 11
C ₂ H ₃ COOH	1936,039				1936,039	193,603		193,603			
C ₄ H ₉ OH		1999,817			1999,817	199,981	18,203	180,078	6,936	11,966	11,046
C ₁₈ H ₃₆ O ₂ S			19,629			49,745		49,745			
C ₇ H ₁₄ O				49,745		19,629		19,629			
H ₂ O	4,840	2,420			7,260	442,898	0,885	441,983	0,438	0,446	0,446
C ₇ H ₁₂ O ₂						3097,662	3091,467	6,193	566,214	2525,253	2525,253
C ₁₈ H ₃₆ O ₂ S											
TOTAL	1940,879	1992,238	19,629	49,745	3933,117	4002,492	3111,254	891,235	573,590	2537,666	2537,666

Kontroler Instrumen	
FC	Flow Control
LC	Level Control
LT	Level Indicator
TC	Temperature Control

Simbol Instrumen	
◇	Valve
□	Temperature PVT
○	Normal Area
◇	Valve
◇	Start/Stop
---	Signal Status
---	Pipa

Keterangan Alat	
CS	Cooler
AS	Acid Storage
CS	Condenser
DR	Distiller
DR	Distillation Column
DR	Distillation Column
R	Reboiler
R	Reboiler
P	Pompa
LC	Level Control
SR	SR


REKREASI TEKNIK MEMBA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
30132
PRA RANCANGAN PABRIK BUTIL AKRILAT DARI
ASAM AKRILAT DAN BUTANOL KAPASITAS 20.000
TON/TAHUN
DISUSUN OLEH:

 Nidhan Maulana (09212386)
 M. Adhita Irfan (09212312)
BOJEN PESIRINGING
 Dr. Anif Pribadi, S.T., M.T.

LAMPIRAN B

KARTU KONSULTASI PRARANCANGAN PABRIK

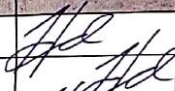
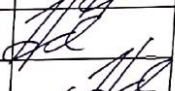
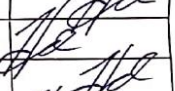
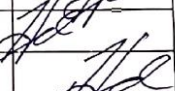
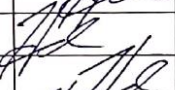

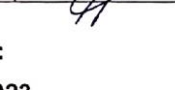



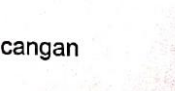

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : M Addintia Irfan Nur Hafizh
No. MHS : 19521212
2. Nama Mahasiswa : Muhammad Widad Ma'ruf
No. MHS : 19521208
- Judul Prarancangan *) :

PRA RANCANGAN PABRIK N-BUTIL AKRILAT DARI ASAM AKRILAT DAN BUTANOL DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 20.000 TON/TAHUN

Mulai Masa Bimbingan : 9 April 2023

Batas Akhir Bimbingan : 6 Oktober 2023

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	6 oktober 2022	Pengarahan Awal	
2	20 oktober 2022	Penentuan spesifikasi bahan, MSDS, dan neraca massa	
3	20 november 2022	NP semua alat besar dan NP awal	
4	29 maret 2023	Perancangan reactor, NP decanter, reactor dan Menara distilasi	
5	10 april 2023	Perancangan decanter, Menara distilasi	
6	13 april 2023	Perancangan alat kecil dan tangko	
7	17 mei 2023	NP akhir, alat penyimpanan, PEFD	
8	19 mei 2023	Alat transportasi bahan, penentuan tata letak , perancangan utilitas	
9	16 juni 2023	Evaluasi ekonomi	
10	5 juli 2023	Revisi alat besar	
11	20 juli 2023	Revisi alat kecil	
12	7 agustus 2023	Revisi naskah	

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 7 Agustus 2023

Pembimbing,



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

- *) **Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok**
- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan PraRancangan
 - Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy