

**PRARANCANGAN PABRIK ASAM AKRILAT DARI
PROPILEN DAN OKSIGEN KAPASITAS 69.000 TON/TAHUN**

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



Oleh:

Nama : Nabila Aliffitri

No. Mahasiswa : 18521123

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2023**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL
PRARANCANGAN PABRIK ASAM AKRILAT
DARI PROPILEN DAN UDARA KAPASITAS 69.000
TON/TAHUN

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Nabila Aliffitri

No.Mahasiswa : 18521123

Yogyakarta ,05 September 2023

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat,semoga dapat digunakan sebagaimana mestinya

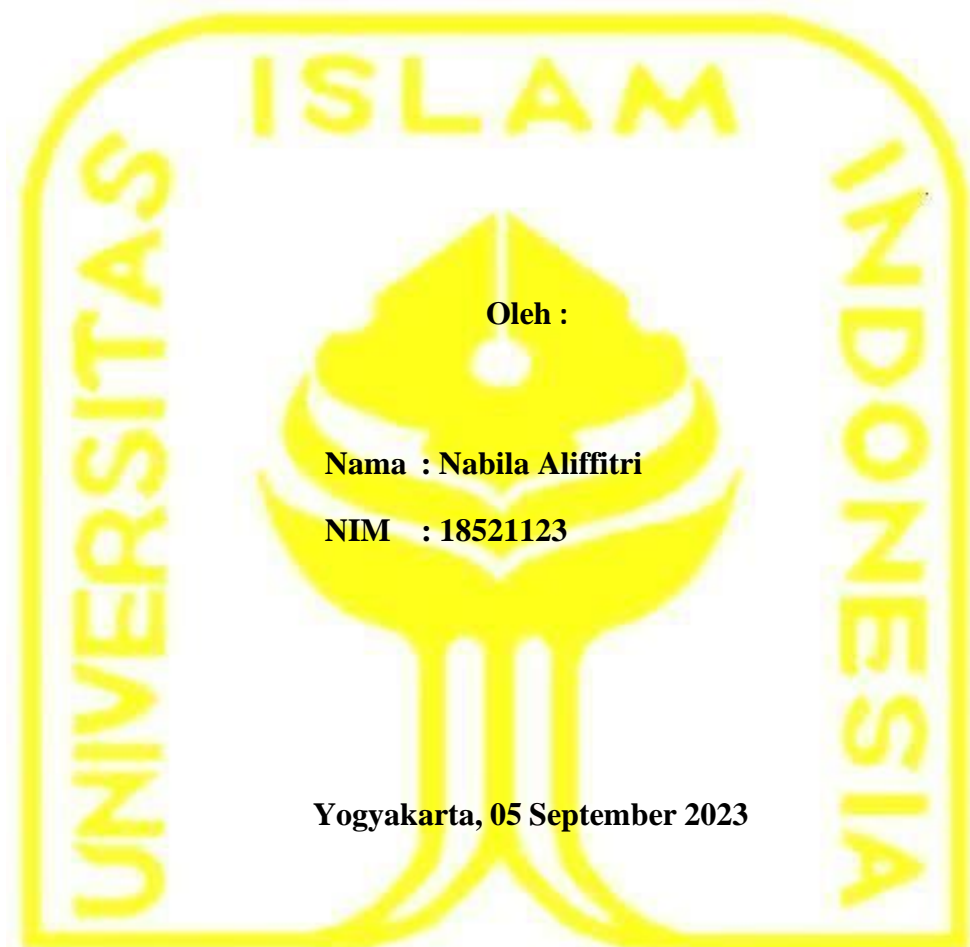


Nabila Aliffitri
NIM. 18521123

LEMBAR PENGASAHAN PEMBIMBING

**PRARANCANGAN PABRIK ASAM AKRILAT DARI
PROPILEN DAN UDARA KAPASITAS 69.000 TON/TAHUN**

PRARANCANGAN PABRIK



Oleh :

Nama : Nabila Aliffitri

NIM : 18521123

Yogyakarta, 05 September 2023

Pembimbing

Dr. Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng.

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRARANCANGAN PABRIK ASAM AKRILAT DARI
PROPILEN DAN UDARA KAPASITAS 69.000 TON/TAHUN**

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Nabila Aliffitri
NIM : 18521123

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, 09 Oktober 2023

Tim Penguji,
Dr. Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng
Ketua


43/10/2023

Ajeng Yulianti Dwi Lestari, ST., MT
Anggota I

09/10/2023

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



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





**Shoich Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 995200445**

KATA PENGANTAR



Assalamu 'alaikum Wr., Wb

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

Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik yang berjudul “**PRA RANCANGAN PABRIK ASAM AKRILAT DARI PROPILEN DAN UDARA KAPASITAS 69.00 TON/TAHUN**” disusun sebagai penerapan dari ilmu Teknik Kimia yang telah didapat selama kuliah, serta merupakan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

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

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan Hidayah dan Karunia-Nya
2. Ayah dan ibu yang tercinta yang selalu memberikan doa, semangat dan motivasi selama mengenyam Pendidikan S1 Teknik Kimia di Universitas Islam Indonesia.
3. Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Dr. Dyah Retno Sawitri, S.T., M.eng selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan salam penulisan dan penyusunan Tugas Akhir ini
5. Teman – teman Teknik Kimia 2018 yang selalu memberikan dukungan, semangat serta doa.
6. Seluruh civitas akademik di lingkungan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
7. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu, dalam membantu penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran untuk kesempurnaan laporan ini. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, Amin.

Wassalamu'alaikum Wr., Wb.

Yogyakarta, 05 September 2023



Penyusun

Nabila Alifitri

LEMBAR PERSEMBAHAN



Alhamdulillahirobbil'alamin

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT atas rahmatnya, karunianya kepada saya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Saya sangat bersyukur kepada Allah SWT yang telah memberikan kesempatan untuk bisa menuntut ilmu dan menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Atas kekuatan yang diberikan-Nya dan ridhonya, saya bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

Untuk kedua orang tua saya (Alm) Bapak Agusalm dan Ibu Yen Mulyati yang telah menjadi orang tua yang hebat. Terima kasih telah memberikan doa, dorongan, motivasi dan kasih sayang. Terimakasih telah berjuang dan berkorban demi masa depan anak yang lebih baik agar bisa membahagiakan suatu hari nanti, semoga bapak bisa bangga diatas sana. Lembar persembahan ini tidak akan pernah cukup untuk menggambarkan rasa terimakasih saya kepada ibu bapak.

Terima kasih untuk adik-adik saya tercinta Alya Kamila Rahmatullah dan Muh. Imam Fakhri F. Al-Hakim yang telah memberikan semangat, support yang luar biasa serta telah menemani dan menjaga ibu disana.

Untuk Ibu Dr. Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng. Selaku Dosen pembimbing Penelitian dan Tugas Akhir. Terima kasih yang sebesar – besarnya karena telah menjadi dosen pembimbing selama proses perjuangan saya atas bimbingan, nasihat dan arahnya selama penelitian dan tugas akhir sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Semoga Allah selalu melimpahkan rahmat kepada ibu dan keluarga.

Terima kasih kepada Kak Rizka, Kak Agneis, Eca dan Aul yang telah mewarnai perjalanan skripsi ini, mendengarkan keluh kesah dan memberikan semangat selama ini sebagai sesama pejuang skripsi dan terutama kepada kawan seperjuangan saya Excel, terima kasih atas kesempatan dan dedikasi serta support sehingga saya dapat menyelesaikan naskah final ini dengan semestinya. Semoga kita diberikan ilmu yang bermanfaat dan sukses kedepannya serta dipertemukan diwaktu dan tempat yang terbaik.

Terima kasih kepada teman saya eunike dan salayana yang selalu mensupport dan memberikan semangat dikala susah maupun senang. Dan seluruh pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu. Saya mengucapkan terima kasih.

Nabila Aliffitri

Teknik Kimia UII 2018

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL.....	ii
LEMBAR PENGASAHAN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABLE.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN.....	xvii
ABSTRAK	xviii
ABSTRACT	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik	2
1.3 Tinjauan Pustaka.....	6
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	10
BAB II PERANCANGAN PRODUK.....	15
2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk.....	15
2.2 Spesifikasi Produk	16
2.3 Pengendalian Kualitas.....	16
BAB III PERANCANGAN PROSES.....	22
3.1 Diagram Alir Proses dan Material	22
3.2 Uraian Proses	24
3.2.1 Tahap Persiapan Bahan Baku	25
3.2.2 Tahap Pembentukan Produk.....	26
3.2.3 Tahap Pemurnian Produk	27
3.3 Spesifikasi Alat Utama	28

3.3.1 Spesifikasi Reaktor (R-01)	28
3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah	29
3.3.3 Spesifikasi Alat Penyimpan Bahan	31
3.3.4 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan	34
3.3.5 Spesifikasi Alat Penukar Panas	36
3.4 Neraca Massa	44
3.4.1 Neraca Massa Reaktor	44
3.4.2 Neraca Massa Separator 1	44
3.4.3 Neraca Massa Separator 2	44
3.4.4 Neraca Massa Menara Distilasi (MD-01).....	45
3.4.5 Neraca Massa Condensor	45
3.4.6 Neraca Massa WHB	45
3.4.7 Neraca Massa Kompresor	46
3.4.8 Neraca Massa Condensor Parsial	46
3.4.9 Neraca Massa Reboiler	46
3.4.10 Neraca Massa Heat Exchanger (HE-01).....	47
3.4.11 Neraca Massa Heat Exchanger (HE-02).....	47
3.4.12 Neraca Massa Cooler.....	47
3.5 Neraca Panas	48
3.5.1 Neraca Panas Reaktor (R-01)	48
3.5.2 Neraca Panas Condensor Parsial (CDP-01)	48
3.5.3 Neraca Panas Heat Exchanger 1 (HE-01)	48
3.5.4 Neraca Panas Heat Exchanger 2 (HE-02)	48
3.5.5 Neraca Panas Condensor (CD-01).....	49
3.5.6 Neraca Panas WHB-01	49
3.5.7 Neraca Panas Reboiler (RB-01)	49
3.5.8 Neraca Panas Cooler (CL-01)	49
3.5.9 Neraca Panas Menara Distilasi (MD-01).....	49
BAB IV PERANCANGAN PABRIK	50
4.1 Lokasi Pabrik.....	50
4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik.....	50

4.1.2 Faktor Khusus.....	53
4.2 Tata Letak Pabrik (Plant Layout)	55
4.3 Tata Letak Mesin/ Alat Proses (Machine Layout).....	59
4.3.1 Aliran Raw Material dan Produk.....	60
4.3.2 Aliran Udara	60
4.3.3 Pencahayaan	60
4.3.4 Lalu Lintas Kendaraan dan Manusia.....	60
4.3.5 Pertimbangan Ekonomi	61
4.3.6 Jarak Alat Proses	61
4.4.1 Bentuk Perusahaan	62
4.1.2 Struktur Organisasi	63
4.4.3 Tugas dan Wewenang.....	64
4.4.4 Dewan Komisaris	64
4.4.5 Direktur Utama	65
4.4.6 Kepala Bagian	66
4.4.7 Kepala Seksi	67
4.4.8 Pembagian Jam Karyawan	68
4.4.9 Karyawan Non Shift	68
4.4.10 Karyawan Shift.....	69
4.4.11 Status Karyawan.....	70
4.4.12 Sistem Gaji Karyawan.....	71
4.4.13 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji.....	72
4.4.14 Ketenagakerjaan	73
BAB V UTILITAS.....	75
5.1 Diagram Alir Utilitas.....	76
5.2 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air.....	77
5.2.1 Air Kebutuhan Umum	77
5.2.1.1 Air Domestik (Domestic Water)	77
5.2.1.1 Air Layanan Umum (Service Water)	78
5.2.1.2 Air Pendingin.....	78
5.3 Unit Pembangkit Steam (Steam Generation System).....	79

5.4 Pembangkit Listrik (Power Plant System)	80
5.5 Unit Penyedia Udara Tekan	82
5.6 Unit Penyedia Bahan akar	82
5.7 Unit Pengolahan Limbah	82
5.7.1 Limbah Cair	82
5.7.2 Limbah Gas	83
5.8 Unit Penyedia Dowtherm	83
BAB VI EVALUASI EKONOMI	92
6.1 Evaluasi Ekonomi	92
6.2 Penaksiran Harga Alat.....	93
6.3 Dasar Perhitungan.....	97
6.4 Perhitungan Biaya	97
6.4 Analisa Kelayakan.....	98
6.5 Hasil Perhitungan	102
6.6 Hasil Analisa Kelayakan	104
6.7 Resiko Pabrik.....	110
BAB VII PENUTUP.....	112
7.1 Kesimpulan.....	112
7.2 Saran	113

DAFTAR TABLE

Tabel 1.1 import asam akrilat di Indonesia.....	3
Tabel 1.2 Produksi Asam Akrilat di Dunia serta Kapasitasnya	5
Tabel 1.3 Tabel Macam-macam proses	9
Tabel 1.4 Harga $\Delta H^{\circ}f$ masing-masing komponen (Yaws, 1999).....	11
Tabel 2.1 Spesifikasi Bahan baku	15
Tabel 2.2 Spesifikasi Produk.....	16
Tabel 2.3 Identifikasi Hazard Bahan Kimia dalam Proses.....	17
Tabel 2.4 Metode What If Question.....	19
Tabel 3.1 Neraca Massa Reaktor	44
Tabel 3.2 Neraca Massa Separator 1	44
Tabel 3.3 Neraca Massa Separator 2.....	44
Tabel 3.4 Neraca Massa Menara Distilasi (MD-01)	45
Tabel 3.5 Neraca Massa Condensor.....	45
Tabel 3.6 Neraca Massa WHB.....	45
Tabel 3.7 Neraca Massa Kompresor.....	46
Tabel 3.8 Neraca Massa Condensor Parsial.....	46
Tabel 3.9 Neraca Massa Reboiler	46
Tabel 3.10 Neraca Massa Heat Exchanger (HE-01)	47
Tabel 3.11 Neraca Massa Heat Exchanger (HE-02)	47
Tabel 3.12 Neraca Massa Cooler	47
Tabel 3.13 Neraca Panas Reaktor (R-01).....	48
Tabel 3.14 Neraca Panas Condensor Parsial (CDP-01).....	48
Tabel 3.15 Neraca Panas Heat Exchanger 1 (HE-01).....	48
Tabel 3.16 Neraca Panas Heat Exchanger 2 (HE-02).....	48
Tabel 3.17 Neraca Panas Condensor (CD-01).....	49
Tabel 3.18 Neraca Panas WHB-01	49
Tabel 3.19 Neraca Panas Reboiler (RB-01).....	49
Tabel 3.20 Neraca Panas Cooler (CL-01)	49
Tabel 3.21 Neraca Panas Menara Distilasi (MD-01).....	49
Tabel 4.1 Concept Scoring Pemilihan Lokasi Pabrik Asam Akrilat.....	54
Tabel 4.2 Perincian Luas Tanah.....	58
Tabel 4.3 Jadwal jam kerja karyawan-shift.....	70
Tabel 4.4 Jumlah dan Gaji Karyawan	72
Tabel 5.1 Kebutuhan Air Domestik	78
Tabel 5.2 Total Kebutuhan Air	79
Tabel 5.3 Kebutuhan Steam	80
Tabel 5.4 Daya Alat Proses	81
Tabel 5.5 Daya Alat Utilitas.....	81

Tabel 5 6 Kebutuhan Listrik Pabrik	81
Tabel 5 7 Spesifikasi Bak Pengendap Awal	83
Tabel 5 8 Spesifikasi Bak Pencampur Cepat	84
Tabel 5 9 Spesifikasi Klarifier	84
Tabel 5 10 Spesifikasi Saringan Pasir	84
Tabel 5 11 Spesifikasi Bak Air Bersih	85
Tabel 5 12 Spesifikasi Bak Air Minum.....	85
Tabel 5 13 Spesifikasi Menara Pendingin.....	86
Tabel 5 14 Spesifikasi Tangki Penukar Kation.....	86
Tabel 5 15 Spesifikasi Tangki Penukar Anion.....	87
Tabel 5 16 Spesifikasi Tangki NaCl	87
Tabel 5 17 Spesifikasi Tangki NaOH	88
Tabel 5 18 Spesifikasi Tangki Umpan Boiler	88
Tabel 5 19 Spesifikasi Tangki Kondensat.....	89
Tabel 5 20 Spesifikasi Kompresor Udara.....	89
Tabel 5 21 Spesifikasi Kompresor Udara.....	89
Tabel 5 22 Spesifikasi Tangki Udara Tekan	90
Tabel 5 23 Spesifikasi Boiler	90
Tabel 5 24 Spesifikasi Pompa Utilitas	91
Tabel 6 1 Harga Alat Proses.....	95
Tabel 6 2 Harga Alat Utilitas	96
Tabel 6 3 Physical Plant Cost (PPC).....	102
Tabel 6 4 Direct Plant Cost (DPC).....	102
Tabel 6 5 Capital Investement (FCI).....	102
Tabel 6 6 Working Capital Investement (WCI).....	103
Tabel 6 7 Direct Manufacturing Cost (DMC).....	103
Tabel 6 8 Indirect Manufacturing Cost (IMC).....	103
Tabel 6 9 Fixed Manufacturing Cost (FMC)	103
Tabel 6 10 General Expense (GE)	104
Tabel 6 11 Analisa Keuntungan.....	104
Tabel 6 12 Analisa Resiko Pabrik.....	110

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 1 Grafik Kebutuhan Asam Akrilat Tahun 2023	3
Gambar 1 2 Data konsumsi asam akrilat di dunia.....	4
Gambar 3 1 Diagram Alir Kualitatif	22
Gambar 3 2 Diagram Alir Kuantitatif	23
Gambar 4 1 Denah Lokasi Pabrik (Google Maps,2023).....	55
Gambar 4 2 Tata Letak Ruangan	59
Gambar 4 3 Tata Letak Alat Proses	61
Gambar 4 4 Struktur Organisasi.....	64
Gambar 5 1 Diagram Alir Utilitas.....	76
Gambar 6 1 Grafik Indeks Harga Alat	94
Gambar 6 2 Gambar Analisa Ekonomi	108

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Prarancangan Reaktor
Lampiran 2	Process Engineering Flow Diagram (PEFD)
Lampiran 3	Kartu Bimbingan Prarancangan Reaktor

DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN

T	: Temperatur, °C
D	: Diameter, m
H	: Tinggi, m
P	: Tekanan, psia
M	: Viskositas, cP
P	: Densitas, kg/m ³
M	: Massa, kg
Fv	: Laju alir, m ³ /jam
R	: Jari-jari, in
HP	: Power motor, Hp
Sg	: Spesific gravity
X	: Konversi, %
Tc	: Titik kritis, °C
Tb	: Titik didih, °C
Vs	: Volume shell, m ³
Vh	: Volume head, m ³
Vt	: Volume total, m ³
Dopt	: Diameter optimal, m
ID	: Inside diameter, in
OD	: Outside diameter, in
Re	: Bilangan Reynold
ε	: Effisiensi sambungan
Ro	: Radius luar (in)
D	: Diamter luar (in)
Ts	: Ketebalan dinding (in)
Sf	: Straight flange

ABSTRAK

Asam akrilat merupakan bahan baku industri kimia yang digunakan sebagai penggosok lantai (*floor polishes*), pembuatan cat, pernis, finishing kulit dan pelapis kertas, sebagai bahan aditif pada minyak pelumas, sebagai flokulan dalam pengolahan limbah dan untuk pembuatan karet sintesis., sehingga pendirian pabrik asam akrilat dapat memenuhi sebagian besar kebutuhan dalam negeri. Pabrik ini memiliki kapasitas 69.000 ton/tahun dan beroperasi 24 jam per hari selama 330 hari per tahun. Pabrik ini akan dibangun di kawasan industri di Tangerang, Banten dengan lahan seluas 1,2 hektar. Bahan baku propilen 99% dengan kebutuhan spesifik sebesar 473.000 ton/tahun produk diperoleh dari PT.Chandra Asri Petrochemical sedangkan udara diperoleh dari udara lingkungan. Tahapan proses meliputi penyiapan bahan baku propilen dan udara. Propilen disimpan dalam keadaan cair pada suhu 30°C dan tekanan 12,9 atm di dalam tangki penyimpanan. Dari tangki penyimpanan, propilen dialirkan menuju vaporizer dan dialirkan ke separator untuk diuapkan dengan menggunakan pemanas steam. Kemudian tekanan diturunkan menggunakan *pressure reducer* sehingga tekanan yang masuk ke reaktor menjadi 5 ATM. Selanjutnya udara yang digunakan adalah udara bebas kering. Udara di *filter* terlebih dahulu untuk membersihkan dari partikel kotoran lain lalu dinaikkan tekanannya menggunakan.Udara yang telah dikompresi menuju ke pemanas heater Selanjutnya untuk diumpangkan ke reaktor *fixed bed multitube* pada suhu 230,15°C dan tekanan 5 atm. Pada reaktor terjadi reaksi oksidasi propilen dan oksidasi karbon dioksida. Hasil uap reaktor dialirkan menuju *waste heat boiler* untuk mengalirkan limbah panas ke vaporizer. Selanjutnya dialirkan menuju kondensor parsial untuk memisahkan sebagian menjadi gas-cair lalu umpangkan ke separator. Pada separator berfungsi untuk memisahkan fase gas dan cair, Pada fase gas di alirkan menuju ke UPL dan hasil bawah yaitu berupa fase cair di alirkan ke menara distilasi. Dalam menara distilasi terjadi proses pemisahan berdasarkan titik didih ,dari proses tersebut Sebagian besar air dan asam akrilat menjadi hasil atas berupa fase uap yang kemudian mengalami perubahan fase dalam kondensor sehingga menjadi cair. Arus dari kondensor kemudian menuju arus *recycle*. Hasil

bawah menara distilasi merupakan produk asam akrilat dengan kemurnian 99% dan selanjutnya di umpankan ke tangki penyimpanan asam akrilat dengan kapasitas sebesar 69.000 ton/tahun. Selain itu pabrik ini dilengkapi dengan beberapa komponen utilitas yang membutuhkan jumlah air pendingin sebesar 40668,8 kg/jam, 32535,01362 kg/jam steam, 2 m³/jam udara tekan, 11.000 kW listrik, 36.0508 kL/tahun bahan bakar solar. Laboratorium juga tersedia di pabrik ini untuk mengontrol kualitas bahan baku, produk, air dan limbah buangan. Pabrik ini berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan line and staff sebagai struktur organisasinya. Karyawan pabrik ini terdiri dari 76 karyawan *shift* dan 67 karyawan *non-shift*. Harga bahan baku propilen US\$1,752/kg dan sedangkan harga produk asam akrilat sebesar US\$3,990/kg. Hasil analisa ekonomi meliputi *Return on Investment* sebelum dan sesudah diskon sebesar 44% dan 34%, *Payback Period* sebelum dan sesudah pajak selama 2 tahun dan 2,3 tahun, *Break Event Point* sebesar 43,46% *Shut Down Point* sebesar 26,68%. Dari hasil analisa ekonomi, pabrik ini layak didirikan.

Kata kunci : Asam Akrilat , *fixed bed multitube*, Propilen, Udara, Reaksi Oksidasi Propilen,

ABSTRACT

Acrylic acid is a raw material for the chemical industry which is used as floor polishes, paint making, perrnis, leather finishing and paper coatings, as an additive to lubricating oil, as a flocculant in waste treatment and for the manufacture of synthetic rubber., so that the establishment of acrylic acid factories can meet most of the domestic needs. The plant has a capacity of 69,000 tons/year and operates 24 hours per day for 330 days per year. This factory will be built in an industrial area in Tangerang, Banten.on an area of 1.2 hectares. 99% propylene raw materials with specific requirements of 473,000 tons/year products are obtained from PT. Chandra Asri Petrochemical while air is obtained from environmental air. The stages of the process include the preparation of propylene and air raw materials. Propylene is stored in a liquid state at 30°C and a pressure of 12.9 atm in a storage tank. From the storage tank, propylene is flowed to the vaporizer and flowed to the separator to be evaporated using a steam heater Then the pressure is lowered using a pressure reducer so that the pressure entering the reactor becomes 5 ATM. Furthermore, the air used is dry free air. The air is filtered first to clean from other dirt particles and then increased the pressure using. The compressed air goes to the heater heater then to be fed to a fixed bed multitube reactor at a temperature of 230.15°C and a pressure of 5 atm. The reactor steam results are flowed to the Waste Heat Boiler to drain waste heat to the Vaporizer. Then it is flowed to the partial condenser to separate some of it into gas-liquid and then feed it to the separator. The separator serves to separate the gas and liquid phases, in the gas phase it is flowed to the UPL and the bottom result is that the liquid phase is flowed to the distillation tower. In the distillation tower there is a separation process based on boiling point, from the process Most of the water and acrylic acid become the upper product in the form of a vapor phase which then undergoes a phase change in the condenser so that it becomes liquid. The current from the condenser then goes to the recycle current. The bottom result of the distillation tower is an acrylic acid product with 99% purity and then fed to an acrylic acid storage tank with a capacity of 69,000 tons/year. In addition, the plant is equipped with several utility

components that require a total of cooling water of 40668.8 kg/hour, 32535.01362 kg/hour steam, 2 m³/hour compressed air, 11,000 kW electricity, 36,0508 kL/year diesel fuel. Laboratories are also available at this plant to control the quality of raw materials, products, water and waste. This factory is in the form of a Limited Liability Company (PT) with line and staff as its organizational structure. The employees of this plant consist of 76 shift employees and 67 non-shift employees. The price of propylene raw materials is US\$1.752/kg and while the price of acrylic acid products is US\$3.990/kg. The results of economic analysis include Return on Investment before and after discounts of 44% and 34%, Payback Period before and after tax for 2 years and 2.3 years, Break Event Point of 43.46% Shut Down Point of 26.68%. From the results of economic analysis, this factory is worth establishing.

Keywords: Acrylic Acid, Air, fixed bed multitube, Propylene Oxidation Reaction,

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

1.1.1 Latar belakang pendirian pabrik

Asam akrilat merupakan bahan baku industri kimia yang penting karena merupakan bahan kimia yang banyak digunakan dalam proses - proses produksi industri dan produk - produk konsumen. Asam akrilat digunakan sebagai bahan baku pada pembuatan ester akrilik – akrilat metil, etil akrilat, butil akrilat dan akrilat 2-ethylhexyl yang selanjutnya dipolimerisasi menjadi pemoles, perekat, pelapis kertas serta coating tablet dan juga digunakan pada industri dekoratif seperti batu dan coating. Kegunaan lain asam akrilat sebagai berikut :

- a. Digunakan sebagai penggosok lantai (*floor polishes*).
- b. Digunakan dalam industri plastik.
- c. Larutan polimernya digunakan untuk pelapisan, pembuatan cat, pernis, finishing kulit dan pelapis kertas.
- d. Sebagai bahan baku intermediate untuk pembuatan etil akrilat, n-butil akrilat, metil akrilat dan 2-etil heksil akrilat.
- e. Sebagai bahan aditif pada minyak pelumas.
- f. Sebagai flokulan dalam pengolahan limbah.
- g. Asam akrilat monomer digunakan untuk pembuatan karet sintetis.

Sehubungan dengan terus meningkatnya permintaan asam akrilat bagi industri kimia di banyak negara di dunia termasuk di Indonesia, maka prospek untuk mendirikan pabrik asam akrilat akan terbuka semakin lebar. Selain itu pendirian pabrik asam akrilat di Indonesia bertujuan untuk mengoptimalkan nilai tambah melalui pemanfaatan bahan baku propilen dari PT. Chandra Asri Petrochemical dan Pertamina. Pendirian pabrik ini diharapkan dapat memperkecil ketergantungan Indonesia akan impor bahan – bahan kimia dari luar negeri,

terutama asam akrilat yang juga dapat dijadikan komoditi ekspor untuk memenuhi kebutuhan asam akrilat di lingkungan Asia maupun secara global. Hal ini juga membawa dampak positif pada pengembangan perekonomian nasional dengan melalui perolehan devisa maupun penyerapan tenaga kerja.

Konsumsi asam akrilat di Indonesia sebagian besar masih dipenuhi oleh impor. Hal tersebut disebabkan karena hanya ada satu pabrik penghasil Asam Akrilat di Indonesia yaitu PT. Nippon Shiokuba di Cilegon, Banten yang berkapasitas 240.000 ton/tahun. Pabrik ini belum dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri akan asam akrilat yang cukup tinggi. Dalam sepuluh tahun terakhir impor asam akrilat masih tergolong besar dengan kisaran 6000-9000 ton/tahun.

Dengan adanya pabrik asam akrilat di Indonesia diharapkan dapat memenuhi kebutuhan asam akrilat dalam dan luar negeri. Selain itu, pendirian pabrik baru dapat membuka lapangan pekerjaan bagi masyarakat di sekitar lokasi pendirian pabrik.

1.1.2 Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku sangat mempengaruhi kelangsungan proses suatu pabrik. Bahan baku pembuatan asam akrilat terdiri dari propilen dan udara dengan bantuan katalis. Propilen di peroleh dari PT Chandra Asri Petrochemical Center, Cilegon, Banten yang memiliki kapasitas 473.000 ton/tahun.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

1.1.3 Kapasitas perancangan pabrik

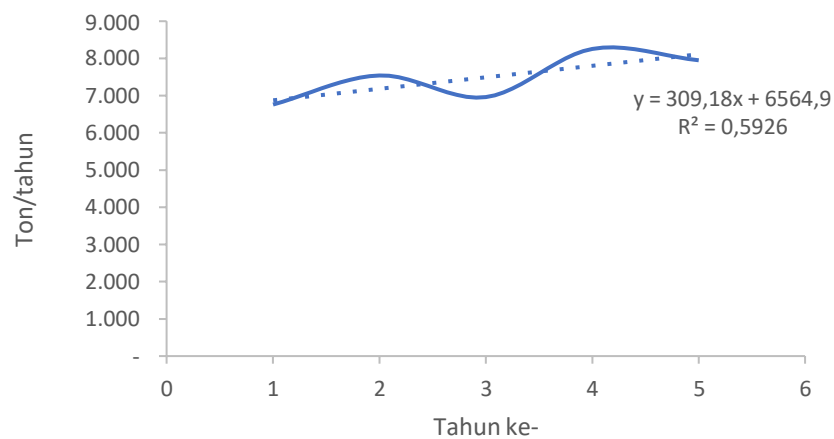
Kapasitas produksi pabrik berpengaruh pada perhitungan teknis maupun ekonomis, akan tetapi terdapat faktor – factor lain yang menentukan produksi, yaitu : kebutuhan pasar, ketersediaan bahan baku dan kapasitas minimum pabrik yang sudah berproduksi. Berdasarkan data statistik, kebutuhan asam akrilat di Indonesia mengalami fluktuasi atau peningkatan dari tahun ketahun. Kebutuhan asam akrilat, diimpor setiap tahun. Hal ini dapat dilihat dari data import asam akrilat di Indonesia 5 tahun terakhir pada Table 1.1. Sebagai berikut:

Tabel 1.1 import asam akrilat di Indonesia

Import asam akrilat	
Tahun	Kebutuhan (ton)
2018	6.759
2019	7.542
2020	6.959
2021	8.254
2022	7.948

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2023)

Berdasarkan Table 1.1 maka dapat dibuat suatu persamaan linier agar dapat memperkirakan kebutuhan asam akrilat di Indonesia pada tahun 2023. Dari Gambar 1.1 dapat diperkirakan kebutuhan asam akrilat tahun 2023 dengan regresi linier :



Gambar 1 1 Grafik Kebutuhan Asam Akrilat Tahun 2023

$$\begin{aligned}
 y &= 309,18x + 6564,9 \\
 &= 309,18 \times 6 + 6564,9 \\
 &= 8.420
 \end{aligned}$$

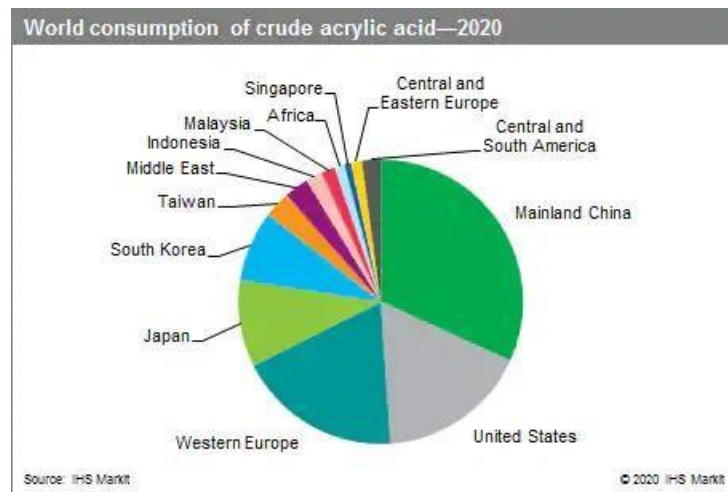
Jadi, kebutuhan asam akrilat pada tahun 2023 adalah 8.420 ton/tahun.

Pabrik akan didirikan pada tahun 2027 sehingga dibutuhkan data perkiraan impor asam akrilat pada tahun 2017-2022. Menggunakan regresi linear yang didapatkan dari impor asam akrilat pada tahun 2017-2022 sehingga didapatkan proyeksi kapasitas pada tahun 2027 yaitu 8.420 ton per tahun. Kapasitas pabrik yang akan diambil sebesar 60% dari peluang kapasitas pabrik asam akrilat pada tahun didirikannya dan pertimbangan pabrik asam akrilat yang telah berdiri di dunia yaitu sebesar

$$8.420 \times 60\% = 5.052 \text{ ton/tahun}$$

Pada tabel 1.1 dapat dilihat bahwa kebutuhan impor asam akrilat di Indonesia memiliki range 6000-9000 ton per tahun. Dari data tersebut kapasitas produksi dari pabrik asam akrilat yang akan didirikan harus lebih dari 9000 ton per tahun agar dapat memenuhi kebutuhan impor tersebut. Permintaan global untuk asam akrilat yang meningkat 4,5% per tahunnya selama 2020 – 2025 akan memberikan prospek yang baik untuk mendirikan pabrik

asam akrilat ini. Pada tahun 2020, lebih dari setengah konsumsi asam akrilat dunia adalah di Asia. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.1 dibawah ini.



Gambar 1 2 Data kosumsi asam akrilat di dunia

Selain dari data impor dan konsumsi asam akrilat di dunia, pertimbangan dalam penentuan kapasitas produksi asam akrilat juga dapat dilihat dari kapasitas produksi pabrik yang sudah ada. Hal tersebut dikarenakan pabrik yang telah didirikan telah memiliki analisis ekonomi yang memberikan keuntungan sesuai dengan kapasitas produksi yang dihasilkan. Berikut data pabrik dan kapasitas produksi yang ada di Asia

Tabel 1.2 Produksi Asam Akrilat di Dunia serta Kapasitasnya

Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
BASF Petronas	Kuantan, Malaysia	160.000
BASF-YPC	Nanjing, China	160.000
Beijing Estern Petrochemical	Beijin, China	80.000
Formosa Plastic	Kaogsiung, Taiway	60.000
	Mailino, Taiwan	100.000
	Ningho, China	160.000
Idemitsu – Petrochemical	Aichi, Japan	50.000
Jilin Petrochemical	Jilin, China	35.000
LG Chem	Naju, South Korea	65.000
	Yeochn, South Korea	128.000
Mitsubishi Chemical	Yokkaichi Japan	110.000
Nippon Shokubai	Himeji, Japan	360.000
	Cilegon, Indonesia	240.000
Oita Chemical	Oita, Japan	60.000
Sansel Acrylates	Sasolburg, South Africa	80.000
Shanghai Huayi	Shanghai, China	200.000
Singapore Acrylics	Pulau Sakra, Singapore	75.000

Source : Tecnon OrbiChem

Dari Tabel 1.2 tersebut dapat dilihat pabrik asam akrilat yang ada di Asia beserta kapasitas produksi setiap tahunnya. Kapasitas produksi pabrik – pabrik asam akrilat yang ada di Asia memiliki range antara 35.000 - 360.000 ton per tahunnya. Data tersebut dapat dijadikan patokan dalam penentuan kapasitas produksi pabrik asam akrilat yang akan didirikan. Dari pertimbangan yang ada, maka kapasitas produksi pabrik asam akrilat yang akan didirikan adalah 69.000 ton per tahun.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Asam Akrilat

Asam akrilat adalah senyawa organik dengan rumus $C_3H_4O_2$ yang mempunyai nama lain acroleic acid, 2-propenoic acid, vinilformic acid, propene acid dan ethylenecarboxylic acid. Asam ini merupakan asam karboksilat yang paling sederhana yang terdiri dari gugus vinil terhubung langsung ke terminal asam karboksilat. Asam ini memiliki ciri berupa cairan tak berwarna yang memiliki bau tajam atau khas yang larut dalam air, alkohol, eter dan kloroform.

Asam akrilat merupakan bahan kimia industri yang sangat penting karena merupakan bahan kimia intermediate yang banyak digunakan dalam proses – proses produksi pada industri dan produk – produk konsumen. Terdapat dua penggunaan utama untuk asam akrilat. Yang pertama adalah dengan menggunakan asam akrilat sebagai intermediate bahan kimia dalam produksi ester akrilat dan resin. Ester akrilat meliputi etil akrilat, butil akrilat, metil akrilat dan 2-etilheksil akrilat. Senyawa tersebut kemudian dipolimerisasi dan menjadi bahan dalam formulasi cat, tekstil (tenun dan non-woven), pelapis, plastik, polis dan perekat. Metil akrilat juga digunakan dalam pembuatan vitamin B1.

Penggunaan kedua asam akrilat adalah sebagai sebuah blok bangunan dalam produksi polimer asam poliakrilat. Polimer – polimer ini merupakan jenis cross-linked poliacrilat dan absorben dengan kemampuan untuk menyerap dan mempertahankan lebih dari seratus kali berat produksi polimer sendiri. Produksi polimer tersebut digunakan untuk membuat popok dan produk kesehatan feminin. Asam akrilat juga digunakan dalam produksi polimer dan deterjen dalam produksi flokulan yang digunakan dalam pengelolaan air limbah pabrik.

1.3.2 Jenis – jenis Proses

Proses pembuatan asam akrilat dapat dilakukan dengan berbagai cara (Kirk Othmer, 2007) :

a. Acetylene Route

Walter Rappe menemukan pembuatan asam akrilat dan eseternya dengan proses Carbonylation Acetylene dengan penambahan katalis basa seperti nickel carbonyl dan diikuti dengan dehydration dan hidrolisis atau alkoholisis di bawah kondisi asam kuat. Proses reaksi berlangsung pada tekanan tinggi. Pembuatan asam akrilat secara komersil dilakukan dengan memisahkan nikel klorida dan mengembalikannya ke reaksi sintesa nikel karbonil. Proses ini menghasilkan produk samping yaitu asam propionat yang sangat sulit dipisahkan dari asam akrilat pada tekanan 50 ATM dengan suhu 150°C.

Reaksi :

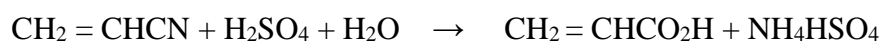


(Ullman, 1985)

b. Acrylonitrile Route

Proses Acrylonitrile adalah proses hidrolisa Asam Sulfat dan Acrylonitril. Acrylonitril direaksikan dengan asam sulfat dan air yang berlebih pada suhu 100°C sehingga menghasilkan asam akrilat. Kerugian proses ini adalah mahalnya bahan baku yang digunakan. Hasil akrilonitril berdasarkan propilena umumnya lebih rendah daripada hasil asam akrilat berdasarkan oksidasi langsung propilena.(Kirk Othmer, 1985)

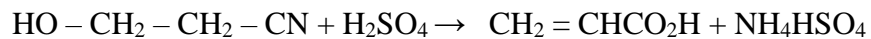
Reaksi :



Hidrolisis asam sulfat dapat dilakukan sebagai operasi batch atau kontinyu. Akrilonitril diubah menjadi akrilamida sulfat dengan perlakuan lebih sedikit asam sulfat 85% pada 80-100°C. Waktu konstan sekitar 1 jam memberikan hasil reaksi akrilonitril. Campuran reaksi dapat dihidrolisis dan asam akrilat berair diperoleh kembali dengan ekstraksi dan dimurnikan. (Henri, 2018) Sebagai alternatif, setelah reaksi dengan alkohol berlebih, campuran ester akrilik dan alkohol didistilasi dan kelebihan alkohol diperoleh kembali dengan distilasi ekstraktif aquaeous. Ester dalam kedua kasus dimurnikan dengan distilasi (Mayes et al., 1996)

c. Etylene Cyanohidrin Route

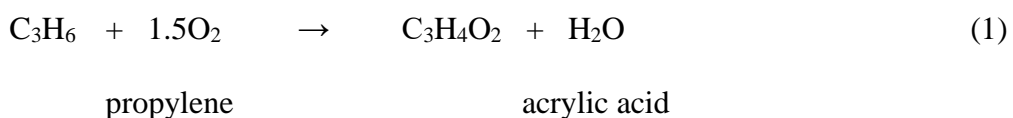
Etylene cyanohydrin route adalah proses hidrolisa antara ethylene cyanohydrin dan asam sulfat dengan produk samping Ammonium Sulfat 85% asam sulfat yang beroperasi pada tekanan 13 ATM dan suhu 100°C. Berikut reaksi yang berlangsung :



d. Propilen Oxidation Route

Proses ini adalah proses yang paling ekonomis untuk pembuatan asam akrilat yang didasarkan pada reaksi langsung oksidasi (direct oxidation) asam akrilat, Pada proses ini terjadi oksidasi propilen menggunakan oksigen yang diambil dari udara bebas. Reaksi ini berlangsung dengan bantuan katalis Iron Molybdenum Oxide, yang beroperasi pada tekanan 5 ATM dan suhu 230°C dengan konversi 95%..

Reaksi meliputi :



alasan pelaku industri untuk tetap menggunakan proses ini. Namun bahan baku yang tidak dapat terbarukan menjadi tantangan terbesar dalam penggunaannya. Dari tiga macam proses pembuatan Asam Akrilat dipilih proses oksidasi dengan katalis padat dengan pertimbangan :

1. Konversi yang diperoleh cukup tinggi yaitu sebesar 95%.
2. Komposisi yang terdapat dalam bahan baku cukup sederhana sehingga pengendalian proses relatif mudah
3. Proses dan peralatan yang digunakan sederhana sehingga biaya pemeliharaan dan pengendalian lebih murah

Perbandingan reaktan antara propilen dan oksigen adalah 1 : 1,5. Reaktan diumpankan pada Reaktor (R-01) jenis multitube fixed bed dengan bantuan katalis molybdenum Oksida (MoO_3). Reaktor beroperasi pada tekanan 5 atm dan terdapat perpindahan panas. Reaksi berlangsung secara simultan dalam reaktor. Untuk mempertinggi selektivitas maka perbandingan mol antara propilen dan udara diatur agar propilen yang menjadi asam akrilat dapat dihasilkan sebanyak mungkin. Konversi yang terjadi pada reaksi yang diperoleh dari perhitungan Matlab:

Konversi 1 sebesar 91%

Konversi 2 sebesar 3,91%

Dengan keterangan :

Konversi 91% = reaksi propilen dan oksigen menjadi asam akrilat dan air

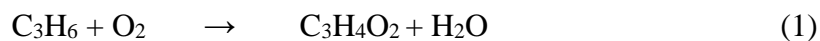
Konversi 3,91% = reaksi propilen dan oksigen menjadi karbon diokasida dan air

Karena reaksi bersifat eksotermis, maka digunakan pendingin berupa downtherm A untuk mencegah reaksi melewati range suhu yang diinginkan.

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

Tinjauan secara termodinamika ditujukan untuk mengetahui sifat reaksi (eksotermis/endotermis) dan arah reaksi (reversible/irreversible). Reaksi pembuatan asam akrilat berlangsung secara eksotermis, hal ini dapat ditinjau dari ΔH reaksi (298,15 K) di bawah ini :

Reaksi :



Harga ΔH°_f masing-masing komponen pada 298,15 K dapat dilihat pada tabel 1.2.

Tabel 1.4 Harga ΔH°_f masing-masing komponen (Yaws, 1999)

Komponen	ΔH_f (kJ/mol)
$\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2$	-323,5
C_3H_6	-141,875
O_2	0

Komponen	ΔH_f (kJ/mol)
CO_2	-3,93498E+02
H_2O	-241,8
C_3H_6	-141,875
O_2	0

(Yaws, 1999)

Maka,

$$\Delta H_R(298,15K) = \sum \Delta H^\circ_f \text{produk} - \sum \Delta H^\circ_f \text{reaktan}$$

Berdasarkan data ΔH_f dapat dihitung besarnya panas reaksi standar

Maka,

ΔH_f pembentukan asam akrilat :

$$\Delta H_R(298,15K) = \sum \Delta H^\circ_f \text{produk} - \sum \Delta H^\circ_f \text{reaktan}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_R \quad \text{Asam Akrilat} &= \Delta H^\circ_f \text{Produk} - \Delta H^\circ_f \text{Reaktan} \\ &= (-323,5 + (-241,8)) - (-141,875 + 1,5(0)) \\ \Delta H_R &= -423,425 \text{ kJ/mol} \quad \text{eksotermis} \end{aligned}$$

Dan ΔH_R pembentukan karbondioksida :

$$\begin{aligned} \Delta H_R \quad \text{Karbon dioksida} &= \Delta H_f^0 \text{Produk} - \Delta H_f^0 \text{Reaktan} \\ &= (3(-3,93498E+02)+3(-241,8)) - (-141,875 + 4,5(0)) \\ &= -1764,03 \text{ kJ/mol} \quad \text{eksotermis} \end{aligned}$$

Table 1.1 Harga ΔG^0_f masing-masing komponen (Yaws,1999)

Komponen	ΔH_G (kJ/mol)
C ₃ H ₄ O ₂	-286,06
H ₂ O	-228,60
C ₃ H ₆	62,72
O ₂	0

Komponen	ΔH_G (kJ/mol)
CO ₂	-394,40
H ₂ O	-228,60
C ₃ H ₆	62,72
O ₂	0

Maka,

$$\begin{aligned} \Delta G^0_f \text{ Asam Akrilat} &= \Delta G_f^0 \text{Produk} - \Delta G_f^0 \text{Reaktan} \\ &= (-286,06 + -228,60) - (62,72 + 1,5(0)) \\ &= -577,38 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Dan energi bebas gibbs standar(ΔG^0) dari karbondioksida:

$$\begin{aligned} \Delta G^0_f \quad \text{Karbon dioksida} &= \Delta G_f^0 \text{Produk} - \Delta G_f^0 \text{Reaktan} \\ &= (3(-394,40)+3(-228,60)) - (-141,875 + 4,5(0)) \\ &= -1931,72 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Menghitung konstanta kesetimbangan (K) standar pada 25°C (298,15 K) menggunakan persamaan (15.14) Van Ness (1997),

$$\ln K_{298,15} = \frac{\Delta G^{\circ f}}{RT} \quad (3)$$

$$\ln K_{298,15} \text{ Asam Akrilat} = \frac{(-577,38) \text{ kJ/mol}}{\frac{8,314 \cdot 10^{-3} \text{ kJ}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \times 298,15 \text{ K}}$$

$$= 232,954$$

$$K_1 = 1,43$$

Dari Van Ness (1997), Persamaan (15.17)

$$\ln \left(\frac{K}{K_{298,15}} \right) = \frac{\Delta H_{298,15K}}{R} \times \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{Ref}} \right) \quad (4)$$

Pada suhu 107°C (380,15 K) besarnya konstanta kesetimbangan dapat dihitung sebagai berikut

$$\ln \left(\frac{K}{K_{298,15}} \right) = - \frac{\Delta H_{298,15K}}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{Ref}} \right)$$

$$\ln \left(\frac{K}{380,15} \right) = - \frac{-577,38 \text{ kJ/kmol}}{8,314 \cdot 10^{-3} \text{ kJ/mol} \cdot \text{K}} \times \left(\frac{1}{380,15} - \frac{1}{298,15} \right) \text{ K}$$

$$\ln \left(\frac{K}{324,08} \right) = 0,00048$$

$$\frac{K}{324,08} = 1,0048$$

$$K_2 = 1,4465$$

Reaksi berjalan irreversible apabila nilai $K > 1$, dari hasil perhitungan nilai kesetimbangan K_1 sebesar 1,43 dan K_2 sebesar 1,4465, sehingga hal ini menunjukkan bahwa reaksi berjalan searah menuju produk atau irreversible karena nilai K positif (+)

1.4.2 Tinjauan Kinetika

Kecepatan reaksi antara pembentukan asam akrilat dari propilen dan udara secara kinetika adalah :

$$k = A e. \frac{-E}{RT}$$

$$k = 1,59E+05 * \exp (15.000 / RT) P_{propylene} P_{oxygen}$$

Kecepatan reaksi antara pembentukan karbondioksida dari propilen dan udara secara kinetika adalah :

$$k = A e. \frac{-E}{RT}$$

$$k = 1,81 \times 10^8 * \exp (25000/RT) P_{propylene} P_{oxygen}$$

Keterangan :

K = konstanta kecepatan reaksi

-r₁ = kecepatan reaksi propilen pada reaksi ke-i (kmol/m³ jam)

T = suhu (K)

P_{propylene} = tekanan parsial propilen(kPa)

P_{oxygen} = tekanan parsial oksigen (kPa)

R = konstanta gas ideal = 8,314,34 J/mol.K

BAB II PERANCANGAN PRODUK

Untuk memenuhi kualitas produk sesuai target pada perancangan ini, maka mekanisme pembuatan Natrium nitrat dirancang berdasarkan 3 variabel utama yaitu : spesifikasi produk, spesifikasi bahan baku, dan pengendalian kualitas.

2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

Tabel 2.1 Spesifikasi Bahan baku

Komponen	Bahan				
	Nytrogene	Oxygen	Propylene	Propane	Water
Wujud	gas	gas	Cair	Cair	cair
Rumus Molekul	N ₂	O ₂	C ₃ H ₆	C ₃ H ₈	H ₂ O
Berat Molekul,	0,028014 kg/mol	0,031999 kg/mol	0,04208 kg/mol	44.10 kg/kmol	18.015 kg/kmol
Titik didih °C	-196 °C	-182.96°C	-47.68 °C	-42 °C	99.974 °C
Densitas	0,001251 g/cm ³	Gas:0,001429	-185.30 °C	0.493 at 25 °C	1
Titik leleh °C	-210.01 °C	-218.4 °C	-185°C	-187.6 °C	0 °C
Titik nyala	-	-	Gas mudah terbakar	-104 °C	-
Tekanan uap	-236 °C pada 1Pa (solid)	1000 Pa at -211.9 °C	1,158 ×10 ⁶ Pa pada 25°C	1,309626 x 10 ⁶ Pa	3166,41 Pa
Kelarutan (mol/L)	18.1 mg/mL at 21 °C	37.5 mg/mL at 21 °C	Di air, 200 mg/L at 25 °C	0.0624 mg/mL at 25 °C	Sangat dapat bercampur (<i>miscible</i>)

(Sumber : PubChem.com,2023)

2.2 Spesifikasi Produk

Tabel 2.2 Spesifikasi Produk

Komponen	Bahan
	Acrylic acid
Wujud	Cair
Rumus Molekul	$C_3H_4O_2$
Berat Molekul,	72,07 g/mol
Titik didih °C	141°C
Densitas (g/cm ³)	1,05 g/cm ³ = 1050 kg/m ³ cairan pada 20°C
Titik leleh °C	14°C
Titik nyala	48°C - 55°C
Titik sublimasi	-
Tekanan uap	2,5 Pa pada suhu 20°C
Kelarutan	-

(Sumber : PubChem.com,2023)

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas (Quality Control) pada pabrik Asam Akrlat ini meliputi pengendalian kualitas bahan baku dan produk, pengendalian kualitas dan proses.

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku dan Produk

Pengendalian kualitas dari bahan baku bertujuan untuk mengetahui sejauh mana kualitas bahan baku yang digunakan, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan untuk proses. Oleh sebab itu sebelum dilakukan proses produksi, dilakukan pengujian terhadap kualitas bahan baku yang berupa propilen dan bahan – bahan pembantu seperti iron molybdenum oxide dengan tujuan agar bahan yang digunakan dapat diproses dengan baik di dalam pabrik.

Sedangkan untuk memperoleh mutu produk standar diperlukan bahan yang berkualitas, pengawasan serta pengendalian terhadap proses yang ada dengan cara system control sehingga didapatkan produk yang berkualitas dan dapat dipasarkan. Untuk mengetahui produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang ada, maka dibutuhkan pengujian pada maka dibutuhkan pengujian pada kualitas

bahan baku maupun produk. Pengujian yang dilakukan meliputi uji densitas, viskositas, volatilitas, kemurnian produk, dan komposisi komponen produk. Pada setiap bahan baku dan produk adanya hazard pada masing-masing bahan dan produk. Identifikasi hazard bahan dalam proses dan pengelolaannya dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut:

Tabel 2 3 Identifikasi Hazard Bahan Kimia dalam Proses

Identifikasi Hazard Bahan Kimia dalam Proses									
Komponen	Explosive	Flammable	Toxic	Corrosive	Irritant	Oxidating	Radioactiv	Keterangan	Pengelolaan

• **Bahan Baku**

Propilen		√		√	√			Flash Point: 108oC. Autoignition Point: 455°C. LFL: 2,4%. UFL: 10,3%. Larut dalam air.	Flash Point: 50 °C (closedcup). Autoignition Point: 412°C. LFL: 2, 4%. UFL: 17%. Larut dalam air. Ecotoxicity in water.
Udara									

• **Produk**

Asam Akrilat		√		√	√			Flash Point: 50 °C (closedcup). Autoignition Point: 412°C. LFL: 2, 4%. UFL: 17%. Larut dalam air. Ecotoxicity in water.	Disimpan pada tangki penyimpan dalam keadaan sejuk. Jaga agar tangki penyimpan tertutup rapat. Hindari semua sumber api (nyala api atau percikan api) dan panas. Disimpan pada tangki yang tahan korosi.
air									

(Sumber : PubChem.com,2023)

2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses

Secara umum, suatu proses terdiri dari rangkaian peralatan dan bahan yang dihubungkan pada beberapa urutan operasi pabrik. Sebagai contoh proses pengendalian level cairan di dalam suatu tangki yang dipengaruhi oleh aliran cairan masuk dan keluar dari tangki, tinggi tangki, serta inlet dan outlet perpipaan. Suatu proses dapat melibatkan banyak variabel dinamik dan mungkin diinginkan untuk mengendalikan semuanya.

Elemen pengendali pada rangkaian pengendalian adalah perangkat yang memberikan pengaruh langsung pada rangkaian proses di pabrik. Elemen pengendalian akhir menerima input dari pengendali dan mengubahnya menjadi operasi yang sesuai dengan proses yang ada. Pada kebanyakan kasus, elemen pengendalian akhir ini berupa katup pengendali yang dapat menyesuaikan aliran fluida pada suatu proses.

Tujuan perancangan sistem pengendalian dari pabrik pembuatan asam akrilat adalah demi keamanan operasi pabrik yang mencakup:

- a. Mempertahankan variabel-variabel proses seperti temperatur dan tekanan tetap berada dalam rentang operasi yang aman dengan harga toleransi yang kecil.
- b. Mendeteksi situasi berbahaya kemungkinan terjadinya kebocoran alat, karena beberapa zat yang digunakan pada pabrik pembuatan asam akrilat ini berbahaya bagi manusia. Pendeteksian dilakukan dengan menyediakan *alarm* dan sistem penghentian operasi secara otomatis (*automatic shut down systems*).
- c. Mengontrol setiap penyimpangan operasi agar tidak terjadi kecelakaan kerja maupun kerusakan pada alat proses.

Pabrik asam akrilat dari propilen ini memiliki hazard baik dari bahan peralatan dan proses, maupun dari layout pabrik. Proses reaksi kimia pada pabrik ini berada pada fase uap dengan suhu 230°C dan tekanan sekitar 5 atm. Reaksi oksidasi propilen menjadi asam akrilat bersifat eksotermis sehingga diperlukan pendingin untuk menjaga kenaikan suhu agar tidak besar karena akan mempengaruhi konversinya. Jumlah udara masuk reaktor pun perlu dibatasi dengan memasang ratio controller agar konsentrasi akrilat dalam reaktor tidak berada dalam kisaran LFL (2,8%) dan UFL (31%) sehingga kebakaran dapat dicegah

karena sifatnya yang mudah terbakar, selain itu juga untuk menghindari reaksi samping. Karena beroperasi pada suhu tinggi dan terdapat bahan kimia yang mudah terbakar, maka reaktor ini dapat dikategorikan sebagai alat dengan tingkat hazard yang cukup tinggi. Oleh karena itu pada reaktor ini dibutuhkan alat-alat kontrol untuk menghindari hazard dari proses yang terjadi di reaktor. Untuk menentukan alat- alat kontrol yang diperlukan dalam menjaga sistem reaktor tetap aman digunakan metode what if analysis yang terangkum pada

Tabel 2.4 Metode What If Question

What If Question	Akibat	Rekomendasi
Bagaimana jika suhu di dalam reaktor menurun ?	Kecepatan reaksi turun akibatnya untuk konversi yang diinginkan dibutuhkan tinggi reaktor yang lebih tinggi.	Dipasang <i>temperature controller</i> pada beberapa titik di sepanjang <i>tube</i> yang dihubungkan dengan aliran pendingin masuk untuk mengatur kecepatan arus pendingin.
Bagaimana jika suhu di dalam reaktor meningkat ?	Dapat terjadi <i>hotspot</i> dalam katalis reaktor, katalis rusak, terjadi <i>runaway reaction</i> . Dapat terjadi kenaikan tekanan sehingga reaktor akan mengalami <i>overpressure</i> dan dapat berpotensi ledakan apabila tidak segera ditangani.	Dipasang <i>temperature controller</i> pada beberapa titik di sepanjang <i>tube</i> yang dihubungkan dengan aliran pendingin masuk untuk mengatur kecepatan arus pendingin.
Bagaimana jika tekanan di dalam reaktor meningkat?	Apabila tekanan terus naik maka kecepatan reaksi semakin meningkat dan tinggi reaktor semakin pendek	Tidak perlu <i>pressure</i> karena tidak bisa menggunakan <i>pressure controller</i> di reaktor. Hanya perlu dipasang <i>temperature controller</i> saja.

Alat-alat kontrol yang diperlukan pada reaktor adalah:

- *Pressure Controller*

Alat ini digunakan untuk mengatur tekanan di dalam reaktor dengan mengubah-ubah arus masuk reaktor.

- *Temperature Controller*

Alat kontrol ini digunakan untuk memantau suhu reaksi di dalam reaktor. Reaksi bersifat eksotermis sehingga dengan alat ini dapat diketahui jumlah pendingin yang diperlukan untuk mencapai suhu yang diinginkan. *Temperature controller* ini dihubungkan dengan *valve* aliran pendingin masuk. Titik pengukuran tersebar di beberapa titik pada ketinggian berbeda. Hal ini dikarenakan suhu di dalam reaktor tidak seragam. Jika ketidakseragaman tersebut berada dalam *range set point* yang telah ditentukan oleh *controller* maka proses dianggap normal. Namun apabila banyak titik yang melaporkan deviasi yang cukup besar dari *set point*, maka perlu dilakukan tindakan.

- *Pressure Relief valve*

Pressure Relief valve digunakan untuk mengantisipasi bila terjadi *overpressure* dalam reaktor. *Relief valve* yang dipakai adalah jenis *sculpture operated* karena uap hasil reaktor berupa campuran uap asam akrilat, propilen, propana dan air yang bersifat korosif. Ketika terjadi *over pressure* maka cakram akan terdesak dan patah, lalu gas dalam reaktor akan keluar sehingga tekanan turun.

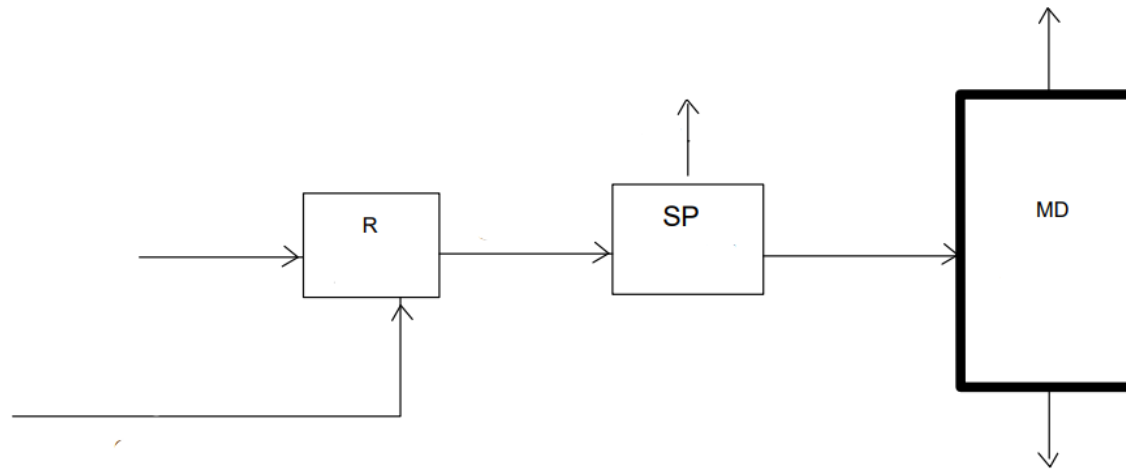
- Isolator

Reaktor bekerja pada suhu tinggi sehingga dinding luar reaktor dilengkapi dengan isolator untuk melindungi pekerja atau operator dari bahaya panas dan luka bakar.

BAB III PERANCANGAN PROSES

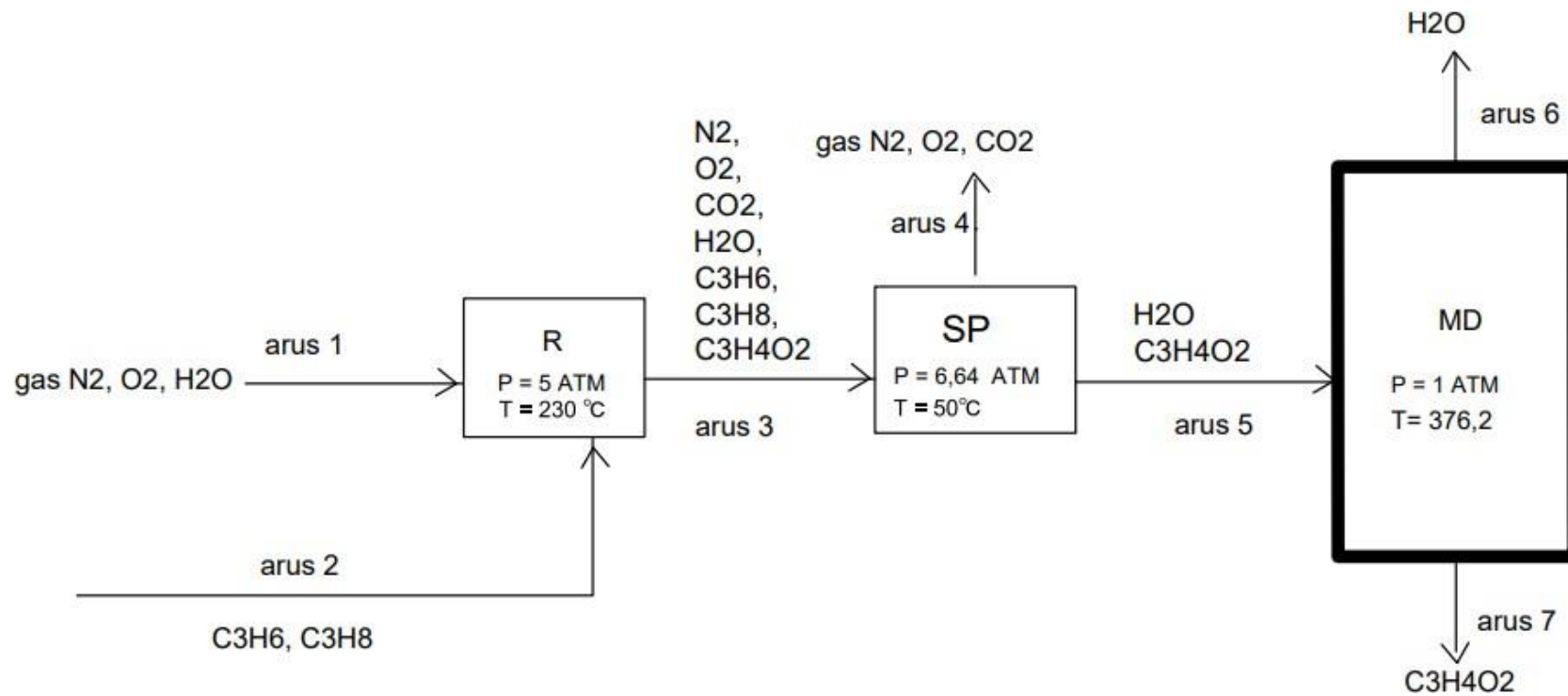
3.1 Diagram Alir Proses dan Material

3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3 1 Diagram Alir Kualitatif

3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3 2 Diagram Alir Kuantitatif

3.2 Uraian Proses

Proses pembuatan Asam Akrilat menggunakan bahan baku propilen dan oksigen dari udara. Pada suhu 32°C dan tekanan 1 atm udara diumpankan ke Air Filter (AF) untuk menyaring kotoran atau debu yang terbawa bersama udara, setelah itu udara dialirkan menuju Kompresor (K-01) pada tekanan 1 atm agar tekanan gas meningkat dari 1,atm menjadi 5 atm. Setelah itu udara masuk ke Heater (HE-01) untuk memanaskan udara dari kompresor menuju reaktor hingga mencapai temperatur 230°C. Udara yang telah dipanaskan tersebut kemudian dialirkan ke reaktor.

Propilene yang disimpan di tangki (T-01) dalam bentuk cair pada temperatur 30°C dan tekanan 12,9 atm dialirkan masuk ke dalam Vaporizer (V-01) kemudian ialirkan ke separator (SP-01), dimana hasil bawah yaitu cair kembali dialirkan ke vaporize (V-01) dan hasil atas berupa gas dipanaskan menggunakan heater (HE-02) sehingga temperatur menjadi 230°C dan tekanan 12,9 ATM.

.Komposisi reaktan yaitu propilen dan oksigen dengan perbandingan volume 1 : 2, Reaktan diumpankan ke dalam Reaktor (R) yang merupakan multitube fixed bed reactor dengan bantuan katalis Molybdenum (Mo). Reaktor yang beroperasi pada tekanan 5 atm dan suhu 230 °C:

Selanjutya hasil uap reaktor (R-01) dialirkan menuju Waste Heat Boiler (WHB-01) untuk mengalirkan limbah panas ke Vaporizer (V-01) sehingga suhu menjadi 159,8 °C dan tekanan 4,6 ATM. Selanjutnya dialirkan menuju Condensor Parsial (CDP-01) untuk memisahkan sebagian menjadi gas-cair lalu umpankan ke separator (SP-02). Pada separator berfungsi untuk memisahkan fase gas dan cair, Pada fase gas di alirkan menuju ke UPL dan hasil bawah yaitu beupa fase cair di alirkan ke menara distilasi (MD-01). Pada menara distilasi beroperasi pada suhu 103 dengan tekanan 1,13 atm .Dalam menara distilasi terjadi proses pemisahan berdasarkan titik didih ,dari proses tesebut Sebagian besar air dan asam akrilat menjadi hasil atas berupa fase uap yang kemudian fase uap yang kmeudian mengalami peruahan fase dalam condenser (CD-01) sehingga menjadi cair.Arur dari condenser kemudian menuju arus recycle.Hasil bawah menara distilasi merupakan produk asam akrilat dengan kemurnian 99%, kemudian asam akrliat

didinginkan menggunakan cooler (CL-01) dan dialirkan ke tangka penyimpanan (T-02)

3.2.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku untuk umpan reaktor adalah propilen, udara, dan uap air (steam). Tahap ini bertujuan untuk mendapatkan campuran umpan reaktor dengan komposisi tertentu dengan kondisi fase gas pada suhu 230°C dan tekanan 5 atm.

a. Bahan Baku Propilen

Propilen disimpan dalam keadaan cair pada suhu 30°C dan tekanan 12,9 atm di dalam tangki penyimpanan (TK-01). Dari tangki penyimpanan, propilen dialirkan menuju vaporizer (V-01) dan dialirkan ke separator (SP-01) untuk diuapkan. Sebelum diumpkan ke reactor fixed multitube suhu dinaikkan menggunakan pemanas steam (HE-02) menjadi suhu 230°C dan tekanan 12,9 atm. Kemudian tekanan digunakan menggunakan Pressure Reducer (PR-01) sehingga tekanan yang masuk ke reactor menjadi 5 ATM.

b. Bahan Baku Udara

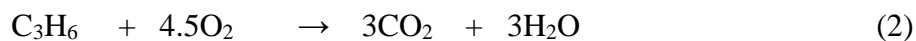
Udara yang digunakan adalah udara bebas kering pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm sebagai bahan baku udara. Udara difilter terlebih dahulu untuk membersihkan dari partikel kotoran lain lalu dinaikkan tekanannya menggunakan kompresor (K-01) sehingga tekanan menjadi 5 atm dengan suhu 112,6 °C. Temperatur udara setelah dikompresi menuju ke pemanas heater (HE-01) untuk dinaikkan suhunya sehingga suhu menjadi 230 °C. Selanjutnya untuk diumpkan ke reactor fixed bed multitube.

3.2.2 Tahap Pembentukan Produk

Reaktan yang sudah siap selanjutnya di alirkan menuju reaktor (R-01) sehingga terjadi reaksi oksidasi propilen untuk menghasilkan asam akrilat. Reaksi oksidasi propilen berlangsung pada reaktor jenis fixed bed multitube. Reaktor fixed bed multitube adalah reaktor yang terdiri atas shell dan tube. Tube (pipa reaktor) berisi packing katalis molybdenum dan shell berisi pendingin dowtherm A . Pada reaktor terjadi 2 reaksi yaitu sebagai berikut ini :



propylene acrylic acid



propylene karbondioksida

(Kirk Othmer, 2007)

Reaksi berjalan secara eksotermis, maka digunakan pendingin berupa dowtherm A untuk mencegah reaksi melewati rentang suhu yang diijinkan. Pada reaksi utama terjadi pembentukan propilen dan oksigen menjadi asam akrilat dan air. Sedangkan pada reaksi samping terjadi pembentukan propilen dan oksigen menjadi karbon dioksida dan air. Reaksi dalam reaktor dibantu dengan katalis molybdenum. Proses oksidasi propilen menjadi asam akrilat merupakan reaksi yang sangat eksotermis sehingga suhu reaksi perlu dijaga agar proses dapat berjalan secara optimum. Umpan masuk reaktor pada suhu 230°C dan produk keluar reaktor pada suhu 256°C. Aliran pendingin adalah berlawanan arah (co-current) dengan arah aliran umpan reaktor. Reaktor bekerja pada tekanan 5 atm sebagai tekanan reaktan masuk reaktor dan tekanan produk keluar 4,7 atm.

Selanjutnya produk keluar reaktor akan diturunkan tekanannya dengan menggunakan WHB (Waste Heat Boiler) menjadi 4,7 atm dan suhu produk akan turun menjadi 256°C. Produk keluaran WHB yang masih berupa gas akan diubah menjadi dua fase terlebih dahulu menggunakan kondenser parsial (CDP-01). Produk keluaran kondenser parsial akan dialirkan menuju Separator (SP-02) yang akan memisahkan produk keluaran kondenser parsial berbentuk gas dan cair. Hasil

produk atas berupa nitrogen, oksigen, karbon dioksida, propilen, dan propana, serta sedikit uap air akan keluar melalui bagian yang kemudian akan dibuang ke atmosfer. Sedangkan produk bawah cair berupa asam akrilat dalam fase cair jenuh akan menuju Menara Distilasi (MD-01).

3.2.3 Tahap Pemurnian Produk

Tahap ini bertujuan untuk memisahkan produk utama dengan produk samping dan memurnikan produk dari impuritasnya sehingga memenuhi spesifikasi produk yang diinginkan. Campuran gas keluar kondensor parsial dibuang ke udara. Dari kondenser parsial, hasil bawah yaitu cairan diumpankan ke Menara Distilasi (MD-01). Hasil atas Menara Distilasi adalah uap air ditampung di akumulator (AC-01), sebagian dikembalikan ke Menara Distilasi sebagai refluks dan sebagian lagi dialirkan ke unit pengolahan limbah. Hasil bawah Menara Distilasi yaitu asam akrilat dengan kemurnian 99 % mol dan impuritasnya air 1 % mol, didinginkan terlebih dahulu menggunakan cooler (CL-01) untuk selanjutnya disimpan di tangki penyimpanan asam akrilat (T-02).

3.3 Spesifikasi Alat Utama

3.3.1 Spesifikasi Reaktor (R-01)

Spesifikasi Umum

Kode	: R-01
Fungsi	: Tempat mereaksikan propilen dengan Oksigen
Jenis/Tipe	: Fixed Bed Multitube
Mode Operasi	: Kontinyu
Jumlah	: 1
Harga, Rp	:Rp. 9.840.849.140

Kondisi Operasi

Suhu Masuk	: 230°C
Suhu Keluar	: 256°C
Tekanan Masuk	: 5 atm
Tekanan Keluar	: 4,8 atm
Pressure Drop	: 0,1 atm
Kondisi Proses	: non adiabatik, non isothermal

Konstruksi dan Material

Bahan Kontruksi	: <i>Baja Karbon A283 Grade C C-Mn-Si</i>
Diameter Luar Pipa	: 2,37 in = 0,06 m
Diameter Dalam Pipa	: 2,06 in = 0,05 m
Jumlah Pipa	: 48234 Batang
Tinggi Total	: 13,56 m

Spesifikasi Khusus

Jenis Katalis	: Molybdenum (Mo)
Bentuk Katalis	: Padat
Ukuran Katalis	: 0,15 mm
Tinggi Tumpukan Katalis	: 11,926 m
Porositas tumpukan	: 0,3%
Pressure Drop	: 0,1 atm

3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah

1. Separator 1 (SP-01)

Kode	: SP-01
Fungsi	: Memisahkan gas C_3H_6 dan C_3H_8 yang keluar dari tangki
Jenis	: vertical separator

Kondisi Operasi

Tekanan	: 12,9 atm
Suhu	: 30 °C

Spesifikasi

a. Luas penampang	: 0,785 m ²
b. Diameter	: 1 m
c. Tinggi	: 3 m
Bahan konstruksi	: baja karbon
Jumlah Alat	: 1
Harga,Rp	: 110.549.547

2. Separator 2 (SP-02)

Kode	: SP-02
Fungsi	: memisahkan cairan dan gas sebelum masuk ke menara distilasi
Jenis	: vertical separator

Kondisi Operasi

Tekanan	: 4,675 atm
Suhu	: 110 °C

Spesifikasi

a. Luas penampang	: 2,405 m ²
b. Diameter	: 1,75 m
c. Tinggi	: 5,25 m
Bahan	: baja karbon
Jumlah Alat	: 1
Harga,Rp	:Rp. 560.505.597

3. Menara Distilasi ((MD-01)

Spesifikasi Umum

Kode	: Menara Disitilasi MD-01
Fungsi	:Memisahkan Asam Akrilat ($C_3H_4O_2$) (Produk) dan Air (H_2O)
Jenis/Tipe	: Plate Tower (Sieve Tray) berbenuk Torispherical Roof
Material	: Stainless steel SA-167 Grade 11 type 316
Jumlah	: 1
Harga,Rp	: Rp 1. 512.783.273

Kondisi Operasi

Umpan, °C	: 103,3 °C
Distilat, °C	: 100, 7°C
Bottom, °C	: 137,9 °C

Spesifikasi Shell

Diameter, m	: 1,44 m
Tinggi, m	: 28,730 m
Tebal, in	: 3/16 in

Head

Jenis	: <i>Torispherical dished head</i>
Tinggi, m	: 2,93 m
Tebal, in	: 3/16 in

Untuk Tipe Tray

Jenis Tray	: <i>Sieve tray</i>
Tebal Tray, mm	: 5 mm
Jumlah Plate Aktual	: 52
Diameter Hole, m	: 0,00476 m
Tray Spacing, m ²	: 0,05 m ²
Jumlah Lubang	: 5.563 m ²

3.3.3 Spesifikasi Alat Penyimpan Bahan

1. Tangki 1 (TK-01)

Kode	: T-01
Fungsi	: Menyimpan propilen selama 7 hari
Jenis	: tangki silinder horizontal
Fase	: cair
Jumlah	: 1 buah
Volume	: 345,5939 m ³
Kondisi Operasi	
Tekanan	: 12,9 atm
Suhu	: 30°C
Spesifikasi :	
Diameter	: 10,668 m
Panjang	: 18,28 m
<i>Course plate</i>	: 10
Bahan	: baja karbon
Harga,Rp	:543.050.406

2. Tangki 2 (TK-02)

Kode	: T-02
Fungsi	: Menyimpan produk asam akrilat selama 7 hari
Jenis	: tangki silinder tegak
Fase	: cair
Jumlah	: 1 buah
Volume	: 1468,868 m ³

Kondisi Operasi

Tekanan	: 1,0 atm
Suhu	: 30 °C
Spesifikasi :	
Diameter	: 7,620 m
Tinggi	: 10,972 m
<i>Course plate</i>	: 6
Bahan	: baja karbon
Harga,Rp	:Rp. 96.973.287

3. Tangki 3 (TK-01)

Kode	: T-03
Fungsi	: Menyimpan udara selama 8 JAM
Jenis	: tangki silinder horizontal
Fase	: cair
Jumlah	: 1 buah
Volume	: 1572,5577 m ³
Kondisi Operasi	
Tekanan	: 5 atm
Suhu	: 119 °C
Spesifikasi :	
Diameter	: 4 m
Panjang	: 12 m
<i>Course plate</i>	: 6
Bahan	: baja karbon
Harga,Rp	:543.050.406

4. Akumulator (AC-01)

Kode	: AC-01
Fungsi	Menampung embunan yang berasal dari CD-02
Lama Penyimpanan	: 10 menit
Fasa	: Cair
Jenis	: tangki silinder horizontal

Kondisi Operasi

Tekanan	: 1 atm
---------	---------

Spesifikasi

- Bahan Konstruksi	: Baja Karbon
- Volume Akumulator	- : 1,852 m ³
Diameter	: 1 m
Panjang Tangki	: 3 m
Jumlah	: 1
Harga,Rp	:Rp. 95.033.821

3.3.4 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan

1. Pompa 1 (P-01)

Fungsi	: Mengalirkan bahan baku C_3H_6 menuju tangki penyimpanan sementara (T-01)
Jenis	: pompa sentrifugal
Bahan	: baja komersial
Head Pump	: 3 m
Debit	: $0,2696 \text{ m}^3/\text{jam}$
Daya pompa	: 1,5 HP
Jumlah	: 1
Harga,Rp	:1.082.221.880

2. Pompa 2 (P-02)

Fungsi	: Mengalirkan produk samping berupa C_3H_6 dan H_2O menuju UPL
Jenis	: pompa sentrifugal
Bahan	: baja komersial
Head pump	: 14,064 m
Debit	: $0,013 \text{ m}^3/\text{s}$
Daya pompa	: 5 hp
Jumlah	: 1
Harga,Rp	:Rp. 531.413.611

3. Pompa 3 (P-03)

Fungsi	: Mengalirkan produk asam akrilat menuju tangki 3 (T-03)
Jenis	: pompa sentrifugal
Bahan	: baja komersial
Head Pump	: 10,068 m
Debit	: 493 m ³ /jam
Daya pompa	: 7,5 HP
Jumlah	: 1
Harga,Rp	:Rp. 1.024.037.908

4. Pompa 4 (P-04)

Fungsi	: Mengalirkan bahan produk Asam Akrilat dari tangki TP-03 ke tangki penjualan
Jenis	: pompa sentrifugal
Bahan	: baja komersial
Head Pump	: 4,598 m
Debit	: 62 m ³ /jam
Daya pompa	: 0,5 HP
Jumlah	: 1
Harga,Rp	:Rp. 1.024.037.908

5. Kompresor (K-01)

Fungsi	:Menaikkan tekanan udara dari tekanan 1 atm menjadi 5 atm.
Bahan yang dikompresi	: N ₂ dan O ₂
Jenis	: Kompresor Centrifugal
Power	: 5000 HP
Jumlah	: 1
Bahan	: baja karbon
Harga,	:Rp. 3.497.438.560

3.3.5 Spesifikasi Alat Penukar Panas

1. Condensor Parsial

Kode	: CD-01
Fungsi	: Mengembungkan gas dari campuran N ₂ dan O ₂
Tipe	: Shell and Tube
Beban Panas	: 2,5839x10 ⁷ kJ/jam
Kondisi Operasi	
Suhu Masuk	: 160°C
Suhu Keluar	: 110°C
Tekanan Masuk	: 4,6 atm
Tekanan Keluar	: 4,6 atm
Bahan Konstruksi	: Baja Karbon
Diameter Luar Tabung, Od	: 0,01905 m
Diameter Dalam Tabung, Id	: 0,0148336 m
Luas Permukaan	: 0,05984734 m ² /m
Panjang Tabung	: 4,8768 m
Jumlah Tabung	: 850
Diameter Selongsong, Ids	: 0,813 m

Pass Tabung	: 2
Pitch	: 0,024 m
Pressure Drop Shell	: $5,278 \times 10^{-7}$ atm
Pressure Drop Tube	: $2,231 \times 10^{-12}$ atm
Jumlah	: 1 .
Harga,Rp	:Rp. 1.662.122.135

2. Condensor

Kode	: CD-02
Fungsi	: Mengembunkan uap yang keluar dari puncak MD01 dengan media pendingin air dari suhu 30°C sampai 50°C
Tipe	: Shell and Tube
Beban Panas	: 25502414,379 kJ/jam
Kondisi Operasi	
Suhu Masuk	: 100,7°C
Suhu Keluar	: 100,7°C
Tekanan Masuk	: 1 atm
Tekanan Keluar	: 1 atm
Bahan Konstruksi	: Baja Karbon
Diameter Luar Tabung, Od	: 0,01905 m
Diameter Dalam Tabung, Id	: 0,01483 m
Luas Permukaan	: $0,05985 \text{ m}^2 / \text{m}$
Panjang Tabung	: 7 m
Jumlah Tabung	: 649
Diameter Selongsong, Ids	: 0,700 m
Pass Tabung	: 1
Pitch	: 0,024 m
Pressure Drop Shell	: 4,6 Pa
Pressure Drop Tube	: 1439,96 Pa

Jumlah : 1
Harga,Rp :Rp. 1.739.700.764

3. Waste Heat Boiler (WHB)

Kode : WHB-01
Fungsi : Mendinginkan gas yang keluar reaktor dengan media pendingin air yang menguap pada suhu 159,85°C
Jenis : Waste Heat Boiler
Kondisi Operasi
Suhu Masuk : 256,2 °C
Suhu Keluar : 160 °C
Bahan Konstruksi : Baja Karbon
Luas Perpindahan Kalor : 124,820 m²
Diameter Luar Tabung, OD : 0,019 m
Diameter Dalam Tabung, ID : 0,015 m
Diameter Selongsong : 0,760 m
Jumlah Tabung : 764
Pass Tabung : 1
Luas Permukaan : 0,06 m² /m
Pitch : 0,024 m
Uc : 0,450 kJ/m² sK
Faktor Pengotor : 3 m² sK/kJ
Pressure Drop : 0,206 atm
Jumlah : 1
Harga,Rp :Rp. 362.680.092

4. Vaporizer 1 (VP-01)

Kode	: VP-01
Fungsi	: Menguapkan cairan pada tekanan 5 atm dengan media pemanas steam jenuh pada 150 °C
Jenis	: Shell and Tube
Suhu Umpan	: 30 °C
Suhu Masuk	: 30 °C
Suhu Keluar	: 30°C
Beban Panas	: 4824517,107 kJ/jam
Luas Perpindahan Kalor	: 18,673 m ²
Diameter Luar Tabung, OD	: 0,01905 m
Diameter Dalam Tabung, ID	: 0,154051 m
Luas Permukaan	: 0,05984734 m ³ /m
Panjang Tabung	: 1,830 m
Jumlah Tabung	: 73
Diameter Selongsong	: 0,254 m
Pass Tabung	: 1
Jumlah	: 1
Harga,Rp	:Rp. 64.002.369

5. Heat Exchanger 1 (HE-01)

Kode	: HE-01
Fungsi	: memanaskan gas yang berasal dari suhu 30°C sampai 140°C dengan media pemanas steam jenuh pada suhu 236°C
Jenis	: Shell and Tube
Kondisi Operasi	
Suhu masuk	: 31°C
Suhu keluar	: 230°C
Beban panas	: 2780453,912 kJ/jam
Luas perpindahan panas	: 45,8993 m ²
Diameter luar tabung, Od	: 0,01905 m
Diameter dalam tabung, Id	: 0,154051 m
Panjang tabung	: 1,8288 m
Luas permukaan	: 0,05984734 m ² /m
Passes tabung	: 1
Jumlah tabung	: 555
Diameter selongsong, Ids	: 0,6604 m
Jumlah	: 0,6604 m
Harga,Rp	:Rp. 4.716.780.668

6. Heat Exchanger 2 (HE-02)

Kode	: HE-02
Fungsi	: memanaskan gas dari suhu 119°C sampai 230°C dengan media pemanas steam jenuh pada suhu 236°C
Jenis	: Shell and Tube
Kondisi Operasi	
Suhu masuk	: 119°C
Suhu keluar	: 230°C
Beban panas	: 7147262,2 kJ/jam
Luas perpindahan panas	: 38,27845333 m ²
Diameter luar tabung, Od	: 0,01905 m
Diameter dalam tabung, Id	: 0,0148336 m
Panjang tabung	: 1,8288 m
Luas permukaan	: 0,05984734 m ² /m
Passes tabung	: 1
Jumlah tabung	: 384
Diameter selongsong, Ids	: 0,560 m
Jumlah	: 1
Harga,Rp	:Rp. 333.588.106

7. Cooler

Kode	: CL-01
Fungsi	: Mendinginkan cairan hasil bawah reboiler
Jenis	: Shell and Tube
Suhu Masuk	: 135 °C
Suhu Keluar	: 50 °C
Beban Panas	: 1719991,628 kJ/jam
A. Pipa Luar	
Diameter Luar Tabung, OD	: 0,060 m
Diameter Dalam Tabung, ID	: 0,050 m
Luas Permukaan	: 0,2 m ² /m
B. Pipa Dalam	
Diameter Luar Tabung, OD	: 0,040 m
Diameter Dalam Tabung, ID	: 0,035 m
Panjang Pipa	: 4,60 m
Luas Permukaan	: 0,132 m ² /m
Luas Aliran Anulus	: 0,0008 m ²
Luas Aliran Inner Pipe	: 0,0022 m ²
Jumlah Tabung	: 13
Uc	: 5,640 kJ/m ² sK
Ud	: 0,940 kJ/m ² sK
Rd	: 0,9 m ² sK/kJ
Jumlah	: 1
Harga,Rp	:Rp. 349.103.832

8. Reboiler

Kode	: RB-1
Fungsi	: Menguapkan Sebagian cairan yang berasal dari MD-01
Jenis	: Ketel Reboiler
Suhu Masuk	: 135 °C
Suhu Keluar	: 138 °C
Beban Panas	: 211276,227 kJ/jam
Luas Perpindahan Panas	: 20,5 m ²
Diameter Luar Tabung, OD	: 0,020 m
Diameter Dalam Tabung, ID	: 0,150 m
Panjang Tabung	: 1,83 m
Luas Permukaan	: 0,060 m ² /m
Passes Tabung	: 1
Jumlah Tabung	: 187
Diameter Selongsong, IDs	: 0,410 m
Jumlah	: 1
Harga,Rp	:Rp. 461.592.845

3.4 Neraca Massa

3.4.1 Neraca Massa Reaktor

Tabel 3.1 Neraca Massa Reaktor

Komponen	Mr	Input	Output
		Kg/jam	Kg/jam
N ₂	28	48065,356	48065,356
O ₂	32	14602,133	7992,260
CO ₂	44	0,000	0692,867
C ₃ H ₆	42,06	5634,766	281,7383
C ₃ H ₈	44,08	296,567	0296,567
H ₂ O	18,02	3448,763	5929,532
C ₃ H ₄ O ₂	72,04	0,000	8788,834
Total		72047,586	72047,153

3.4.2 Neraca Massa Separator 1

Tabel 3.2 Neraca Massa Separator 1

Komponen	Mr	Input kg/jam		Output kg/jam	
		Gas	Cair	Gas	Cair
C ₃ H ₆	42	5634,766	1394,400	5634,766	1394,400
C ₃ H ₈	44,096	296,567	88,496	296,567	88,496
Sub Total		5931,333	1482,895	5931,333	1482,895
Total		7414,228		7414,228	

3.4.3 Neraca Massa Separator 2

Tabel 3.3 Neraca Massa Separator 2

Komponen	Mr	Input		Output	
		Gas	Cair	Gas	Cair
N ₂	28	48065,356	0,000	48065,356	0,000
O ₂	32	7992,260	0,000	7992,260	0,000
CO ₂	44	692,867	0,000	692,867	0,000
C ₃ H ₆	42,06	281,738	0,000	281,738	0,000
C ₃ H ₈	44,08	296,567	0,000	296,567	0,000
H ₂ O	18,02	4,875	5924,657	4,875	5924,657
C ₃ H ₄ O ₂	72,04	1,850	8786,984	1,850	8786,984
Sub Total		57335,512	14711,641	57335,512	14711,641
Total		72047,153		72047,153	

3.4.4 Neraca Massa Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 3.4 Neraca Massa Menara Distilasi (MD-01)

Komponen	Mr	Input	Distilat	Bottom
		Kg/jam	Kg/jam	Kg/jam
H ₂ O	18,02	5926,047	5866,786	59,260
C ₃ H ₄ O ₂	72,04	8789,614	87,896	8701,718
Subtotal		14715,661	5954,682	8760,978
Total		14715,661	14715,661	

3.4.5 Neraca Massa Condensor

Tabel 3.5 Neraca Massa Condensor

Komponen	Mr	Input	Output	
		Kg/jam	Reflux	Distilat
H ₂ O	18,015	11630,094	3607,384	8022,710
C ₃ H ₄ O ₂	72,064	41,495	12,871	28,624
subtotal		11671,589	3620,255	8051,334
total		11671,589	11671,589	

3.4.6 Neraca Massa WHB

Tabel 3 6 Neraca Massa WHB

komponen	masuk	keluar
	Kg/jam	Kg/jam
N ₂	48065,356	48065,356
O ₂	14602,133	7992,260
CO ₂	0,000	0692,867
C ₃ H ₆	5634,766	281,7383
C ₃ H ₈	296,567	0296,567
H ₂ O	3448,763	5929,532
C ₃ H ₄ O ₂	0,000	8788,834
total	72047,586	72047,586

3.4.7 Neraca Massa Kompresor

Tabel 3 7 Neraca Massa Kompresor

komponen	masuk	keluar
	Kg/jam	Kg/jam
N ₂	48065,356	48065,356
O ₂	14602,133	14602,133
H ₂ O	3448,763	3448,763
total	66116,253	66116,253

3.4.8 Neraca Massa Condensor Parsial

Tabel 3 8 Neraca Massa Condensor Parsial

Komponen	Mr	Input Kg/jam		Output Kg/jam	
		Gas	Cair	Gas	Cair
N ₂	28	48065,356	0,000	48065,356	0,000
O ₂	32	7992,260	0,000	7992,260	0,000
CO ₂	44	692,867	0,000	692,867	0,000
C ₃ H ₆	42,06	281,738	0,000	281,738	0,000
C ₃ H ₈	44,08	296,567	0,000	296,567	0,000
H ₂ O	18,02	4,875	5924,657	4,875	5924,657
C ₃ H ₄ O ₂	72,04	1,850	8786,984	1,850	8786,984
Sub Total		57335,512	14711,641	57335,512	14711,641
Total		72047,153		72047,153	

3.4.9 Neraca Massa Reboiler

Tabel 3 9 Neraca Massa Reboiler

Komponen	Mr	Input	Output	
		Kg/jam	Reflux	Battom
H ₂ O	18,015	255,831	196,570	59,260
C ₃ H ₄ O ₂	72,064	16849,978	8148,260	8701,718
total		248,09457	248,09457	

3.4.10 Neraca Massa Heat Exchanger (HE-01)

Tabel 3 10 Neraca Massa Heat Exchanger (HE-01)

komponen	masuk	keluar
	Kg/jam	Kg/jam
N ₂	48065,356	48065,356
O ₂	14602,133	14602,133
H ₂ O	3448,763	3448,763
total	66116,253	66116,253

3.4.11 Neraca Massa Heat Exchanger (HE-02)

Tabel 3 11 Neraca Massa Heat Exchanger (HE-02)

Komponen	Input	Output
	kg/jam	kg/jam
C ₃ H ₆	5634,766	5634,766
C ₃ H ₈	296,567	296,567
Sub Total	5931,333	5931,333
Total	7414,228	7414,228

3.4.12 Neraca Massa Cooler

Tabel 3 12 Neraca Massa Cooler

komponen	masuk	keluar
	Kg/jam	Kg/jam
H ₂ O	59,260	59,260
C ₃ H ₄ O ₂	8701,718	8701,718
total	8760,978	8760,978

3.5 Neraca Panas

3.5.1 Neraca Panas Reaktor (R-01)

Tabel 3 13 Neraca Panas Reaktor (R-01)

Panas Masuk	kJ/jam	Panas Keluar	kJ/jam
Q dingin in	3558978,967	Q dingin out	18173578,000
Q panas in	14684577,007	Q panas out	69977,974
TOTAL	18243555,974	TOTAL	18243555,974

3.5.2 Neraca Panas Condensor Parsial (CDP-01)

Tabel 3 14 Neraca Panas Condensor Parsial (CDP-01)

Panas Masuk	kJ/jam	Panas Keluar		
			Gas	Cair
Q dingin in	5,8724E+07	Q dingin out	64247288,34	
Q panas in	2,2680E+07	Q panas out	10586072,29118	6570187,74656
Subtotal	81403548,37463	Subtotal	74833360,62808	70817476,08345
TOTAL	81403548,37463	TOTAL	81403548,37463	

3.5.3 Neraca Panas Heat Exchanger 1 (HE-01)

Tabel 3 15 Neraca Panas Heat Exchanger 1 (HE-01)

Panas Masuk	kJ/jam	Panas Keluar	kJ/jam
Q dingin in	429514,707	Q dingin out	3205014
Q panas in	4167114,18	Q panas out	1391614,9
TOTAL	4596628,89	TOTAL	4596628,89

3.5.4 Neraca Panas Heat Exchanger 2 (HE-02)

Tabel 3 16 Neraca Panas Heat Exchanger 2 (HE-02)

Panas Masuk	kJ/jam	Panas Keluar	kJ/jam
Q dingin in	3208155,58	Q dingin out	14757515,7
Q panas in	18140609,3	Q panas out	6591249,17
TOTAL	21348764,9	TOTAL	21348764,9

3.5.5 Neraca Panas Condensor (CD-01)

Tabel 3 17 Neraca Panas Condensor (CD-01)

Panas Masuk	kJ/jam	Panas Keluar	kJ/jam
Q dingin in	38253621,57	Q dingin out	63756035,9
Q panas in	3,0408E+07	Q panas out	4905882,34468
TOTAL	68661918,29288	TOTAL	68661918,29288

3.5.6 Neraca Panas WHB-01

Tabel 3 18 Neraca Panas WHB-01

Panas Masuk	kJ/jam	Panas Keluar	kJ/jam
Q dingin in	555598,6	Q dingin out	2777992,82
Q panas in	231537183,4	Q panas out	14646978,7
TOTAL	232092782	TOTAL	232092782

3.5.7 Neraca Panas Reboiler (RB-01)

Tabel 3 19 Neraca Panas Reboiler (RB-01)

Panas Masuk	kJ/jam	Panas Keluar (kJ/jam)		
			Cair	Gas
Q dingin in	1467603	Q dingin out	2931575	183541
Q panas in	273462	Q panas out	62185,8	
TOTAL	3177302,16	TOTAL	3177302,16	

3.5.8 Neraca Panas Cooler (CL-01)

Tabel 3 20 Neraca Panas Cooler (CL-01)

Panas Masuk	kJ/jam		Panas Keluar	kJ/jam
Q dingin in	2567087,504		Q dingin out	4287079,132
Q panas in	2722550,615		Q panas out	1002558,987
TOTAL	5289638,119		TOTAL	5289638,119

3.5.9 Neraca Panas Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 3 21 Neraca Panas Menara Distilasi (MD-01)

Panas Masuk	kJ/jam	Panas Keluar	kJ/jam
ΔH Umpan	14715,66072	ΔH Bottom	1372291,22688
ΔH Reboiler	211276,2274	ΔH Distilat	455885,97775
Hilang	27104599,69583	ΔH Condensor	25502414,38
Sub Total	225991,88808	Total	27330591,58391
Total Masuk	27330591,58391		

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi suatu pabrik merupakan salah satu faktor utama dalam menentukan keberhasilan suatu pabrik. Banyak pertimbangan menjadi dasar dalam penentuan lokasi pabrik sehingga dapat menguntungkan perusahaan baik dari segi operasional maupun ekonomi. Terdapat pilihan lokasi tempat didirikannya pabrik pembangunan Pabrik Asam Akrilat dari Propylene dan Udara yaitu didaerah Cilegon, Banten. Oleh karena itu perlunya dilakukan pertimbangan untuk penentuan lokasi pabrik.

4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Beberapa faktor – faktor primer yang mempengaruhi dalam penentuan lokasi pabrik asam palmitat antara lain:

1. Ketersediaan bahan baku

Bahan baku yang digunakan berasal dari dalam negeri. Pada dasarnya suatu pabrik sebaiknya didirikan didaerah yang dekat dengan bahan bakunya. Sehingga pengadaan serta transportasi dari bahan baku tersebut mudah diatasi dan mempunyai nilai ekonomi yang tinggi. Berikut adalah hal – hal yang perlu dipertimbangkan mengenai bahan baku sebagai berikut:

- a. Jarak sumber bahan baku dengan pabrik
- b. Kapasitas sumber bahan baku dan berapa lama digunakannya
- c. Bagaimana proses pembuatan, transportasi dan penyimpanannya
- d. Kemungkinan untuk mendapatkan sumber lain.

Bahan baku utama pabrik asam akrilat adalah propilen 99% dan udara 1%. Bahan baku asam akrilat dapat disuplai dari PT. Chandra Asri Petrochemical, Cilegon, Banten dengan kapasitas 470.000 ton/tahun (Chandra Asri). Bahan baku lainnya yaitu udara didapatkan dari udara bebas. Dengan rancangan pabrik asam akrilat yang berkapasitas 69.000 ton/tahun serta tersedianya bahan baku di Indonesia maka harga pembelian bahan baku akan jauh lebih murah daripada bahan baku yang

diimpor dan juga dapat meningkatkan efisiensi produk propilen dalam negeri 69.00 ton/tahun ini diperkirakan bahan baku dapat terpenuhi.

Pemasaran pabrik atau industri didirikan karena adanya permintaan akan barang atau produk yang dihasilkan. Oleh karena itu hasil produksi pabrik memerlukan adanya daerah pemasaran.

Hal – hal yang perlu diperhatikan dalam masalah pemasaran adalah:

- a. Kebutuhan konsumen akan produk
- b. Daerah dari pemasaran produk
- c. Jarak pemasaran dari lokasi pabrik berdiri
- d. Berapa banyak produk yang akan beredar dipasar dan bagaimana perkembangannya dimasa masa mendatang
- e. Sistem pemasaran yang akan digunakan
- f. Direncanakan sistem penjualan untuk daerah - daerah yang jauh dari lokasi pabrik

Produk asam akrilat dari pabrik ini ditargetkan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri dan sisanya di ekspor ke luar negeri. Pabrik dalam negeri yang menggunakan asam akrilat sebagian besar berada di Pulau Jawa sehingga pengiriman bahan baku dapat dilakukan melalui jalur darat menggunakan truk tanker. Selain itu, untuk memenuhi kebutuhan asam akrilat di negara ASEAN diperlukan lokasi pabrik yang dekat dengan pelabuhan. Untuk lokasi pabrik di Cilegon terdapat Pelabuhan Merak Mas. Selain sebagai sarana pemasaran, pelabuhan juga berfungsi untuk mendatangkan bahan baku asam akrilat dari Jepang apabila suatu saat kapasitas produksi dari PT. Chandra Asri Petrochemical tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan proses.

2. Utilitas dan Energi

Pendiri pabrik memerlukan air, tenaga listrik dan bahan bakar. Pemenuhan dalam kebutuhan air pabrik ini relatif banyak antara lain digunakan untuk sanitasi, air proses dan air umpan untuk boiler. Untuk memenuhi kebutuhan air diambil dari dua macam sumber:

- a. Langsung dari sumbernya
- b. Instalasi penyediaan air

Utilitas yang diperlukan untuk menunjang berjalannya proses di pabrik meliputi pasokan air, bahan bakar, dan listrik. Untuk lokasi pabrik di Tangerang kebutuhan air dipasok dari Sungai Cisadane dengan debit terbesar sebesar 80,60 m³/s.

Sementara kebutuhan listrik utama pabrik yang memiliki daya sebesar 11.000 kW diperoleh dari generator dengan bahan bakar diesel oil yang diperoleh dari PT. Pertamina.

3. Keadaan Geografis dan Iklim

Daerah Tangerang, Banten merupakan suatu daerah yang terletak di daerah kawasan industri. Daerah Tangerang dan sekitarnya telah direncanakan oleh pemerintah sebagai salah satu pusat pengembangan wilayah produksi industri. Temperatur udara normal daerah tersebut sekitar 22-30°C, sehingga operasi pabrik dapat berjalan dengan lancar. Bencana alam seperti gempa bumi dan tanah longsor jarang terjadi sehingga operasi pabrik dapat berjalan lancar.

4. Ketersediaan Lahan

Salah satu lahan industri di Tangerang adalah kawasan industri Taman Tekno BSD dengan lahan tanah yang ditawarkan seluas 360 m² sampai 1.680 m² dan luas bangunan mulai dari 225 m² hingga 441 m². Harga setiap unit berkisar antara Rp 1,4 miliar hingga Rp 2 miliar.

5. Pembuangan Limbah

Pembuangan limbah pabrik perlu diperhatikan mengingat masalah ini sangat berkaitan dengan usaha pencegahan terhadap pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh buangan pabrik baik berupa bahan: gas, cair maupun padat. Pembuangan limbah harus memperhatikan ketentuan pemerintah pusat maupun pemerintah daerah setempat.

4.1.2 Faktor Khusus

1. Buruh dan Tenaga Kerja

Faktor buruh dan tenaga kerja merupakan faktor yang penting bagi suatu perusahaan karena berhasil atau tidaknya pencapaian dari perusahaan dipengaruhi oleh sumber daya manusia yang berkualitas. Hal – hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan tenaga kerja jika dihubungkan dengan lokasi pabrik yang akan dipilih antara lain:

- a. Mudah atau tidaknya mendapatkan tenaga kerja yang diinginkan
- b. Keahlian dan Pendidikan tenaga kerja yang tersedia
- c. Peraturan buruh dan tenaga kerja
- d. Tingkat penghasilan tenaga kerja di daerah

Dengan berdirinya pabrik ini diharapkan tenaga kerja di Kabupaten Tangerang dapat terserap sehingga taraf hidup masyarakatnya dapat meningkat dan angka kemiskinan serta pengangguran dapat menurun. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) di Provinsi Banten pada tahun 2020, angka kemiskinan di Tangerang mencapai 118,22 ribu jiwa, pada tahun 2021 mencapai 134,24 ribu jiwa dan tahun 2022 mencapai 132,88 ribu jiwa. Salah satu penyebab kemiskinan di Tangerang adalah Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) yang mencapai 7,97 %. (BPS, 2020).

2. Transportasi

Masalah transportasi perlu diperhatikan bertujuan untuk kelancaran pengangkutan bahan baku dan pengangkutan produk dapat terjamin dengan biaya serendah mungkin dalam waktu yang relative singkat. Karena itu perlu diperhatikan beberapa fasilitas yang ada di daerah tersebut seperti:

- a. Jalan raya dapat dilalui mobil dan truk
- b. Adanya Pelabuhan

Pada pabrik Asam Akrilat ini, transportasi darat merupakan transportasi yang paling utama karena daerah Tangerang merupakan daerah yang cukup central di pulau jawa dan mudah di akses melalui jalur darat.

3. Lingkungan Masyarakat sekitar

Keadaan masyarakat di sekitar pabrik akan mempengaruhi suatu pabrik. Berdasarkan pengamatan di sekitar lokasi pabrik sudah terdapat fasilitas – fasilitas yang memungkinkan karyawan hidup dengan layak seperti sarana Pendidikan, sarana ibadah maupun sarana lainnya. Sehingga kehidupan karyawan akan lebih tenang dalam menjamin masa depan keluarganya. Sedangkan adat istiadat masyarakat cukup baik, sehingga diharapkan operasi pabrik tidak mengalami gangguan keamanan

Dari beberapa poin di atas, dapat diperoleh pertimbangan pemilihan lokasi berdasarkan concept-scoring (Cussler, 2011).

Tabel 4 1 *Concept Scoring* Pemilihan Lokasi Pabrik Asam Akrilat

Parameter	<i>Weighting Factor</i>	Gresik, Jawa Timur	Tangerang, Banten
Penyediaan Bahan	0,30	9,00	9,00
Pemasaran	0,20	8,50	8,50
Utilitas	0,20	8,00	7,50
Tenaga Kerja	0,10	8,50	8,00
Ketersediaan Lahan	0,10	8,50	7,00
Gempa dan Tsunami	0,05	8,00	7,50
Pembuangan	0,05	8,00	8,00
Total	1,00	8,50	8,18

Dari perhitungan berdasarkan concept-scoring di atas maka dapat dipilih lokasi pabrik asam akrilat di kawasan industri Taman Tekno BSD, Tangerang, Banten.



Gambar 4 1 Denah Lokasi Pabrik (Google Maps,2023)

4.2 Tata Letak Pabrik (Plant Layout)

Penempatan tata letak peralatan pabrik dan fasilitasnya menjadi bagian penting dalam perancangan pabrik agar mesin berfungsi sesuai dengan urutan proses. Tata letak pabrik merupakan pengaturan optimal dari seperangkat fasilitas – fasilitas dalam pabrik. Tata letak yang tepat sangat penting untuk mendapatkan efisiensi keselamatan dan kelancaran kerja para pekerja serta keberlangsungan proses. Tata letak pabrik atau plant layout merupakan tempat kedudukan dari keseluruhan bagian yang ada didalam pabrik. Tata letak pabrik meliputi tempat perkantoran atau administrasi, tempat peralatan proses, tempat penyimpanan bahan baku dan produk, tempat unit pendukung proses, Fasilitas karyawan serta tempat lainnya yang mendukung keberlangsungan proses produksi pabrik. Tata letak pabrik harus dirancang sedemikian rupa agar secara ekonomi kegiatan operasional produksi dapat berjalan secara efisien dan optimal, misalnya lalu lintas barang dan akses karyawan. Selain itu, faktor keamanan juga menjadi hal yang sangat penting. Penempatan alat-alat produksi harus ditata sedemikian rupa agar keamanan dan kenyamanan selama bekerja dapat terjamin. Perancangan tata letak pabrik yang baik memiliki keuntungan yaitu (Peters dan Timmerhaus, 2004):

- a. Mengurangi biaya produksi
- b. Meningkatkan pengawasan operasional dan proses
- c. Meningkatkan keselamatan kerja
- d. Mengurangi jarak transportasi bahan baku dan produksi sehingga dapat mengurangi material handling
- e. Memberikan ruang gerak untuk mempermudah dalam perbaikan peralatan dan mesin ketika terjadi kerusakan

Secara garis besar, tata letak pabrik dibagi menjadi beberapa bagian seperti:

- a. Perkantoran

Daerah perkantoran merupakan pusat kegiatan administrasi dalam pabrik itu sendiri. Daerah ini biasanya berada dibagian depan area pabrik

- b. Proses

Daerah ini merupakan tempat berlangsungnya kegiatan operasional produksi. Daerah ini meliputi tempat penyimpanan bahan baku dan produk, penempatan alat – alat proses dan ruang pengendalian (Control Room). Daerah ini tempat yang terpisah dengan daerah lainnya untuk tujuan keamanan.

- c. Instalasi dan Utilitas

Daerah instalasi dan utilitas merupakan tempat yang menyediakan kebutuhan – kebutuhan penunjang proses, seperti kebutuhan air, steam pemanas, air pendingin, listrik dan bahan bakar.

- d. Fasilitas umum

Daerah ini merupakan pusat fasilitas umum yang dapat digunakan oleh karyawan meliputi perumahan/mess, poliklinik, tempat ibadah, kantin, taman dan lain-lainnya.

- e. Keamanan

Daerah keamanan dalam rangka mengantisipasi dan meminimalisir dampak yang ditimbulkan apabila terjadi ledakan asap, kebakaran, kebocoran

gas beracun dan lain – lainnya. Oleh karena itu perlu disediakan alat pemadam kebakaran di beberapa titik yang berbahaya yang dapat memicu kebakaran.

f. Pengolahan Limbah

Pendirian suatu pabrik juga harus memperhatikan aspek kelestarian lingkungan. Untuk itu perlu adanya daerah khusus yang digunakan sebagai tempat pengolahan limbah agar tidak merusak lingkungan sekitar. Limbah produksi akan mengalami pengolahan dan pengujian lebih untuk memastikan batas komponen berbahaya yang terkandung sehingga aman jika dibuang ke lingkungan.

Posisi dari setiap bangunan pabrik harus benar – benar disesuaikan dengan proses yang berjalan dan juga mempertimbangkan factor – factor sebagai berikut.

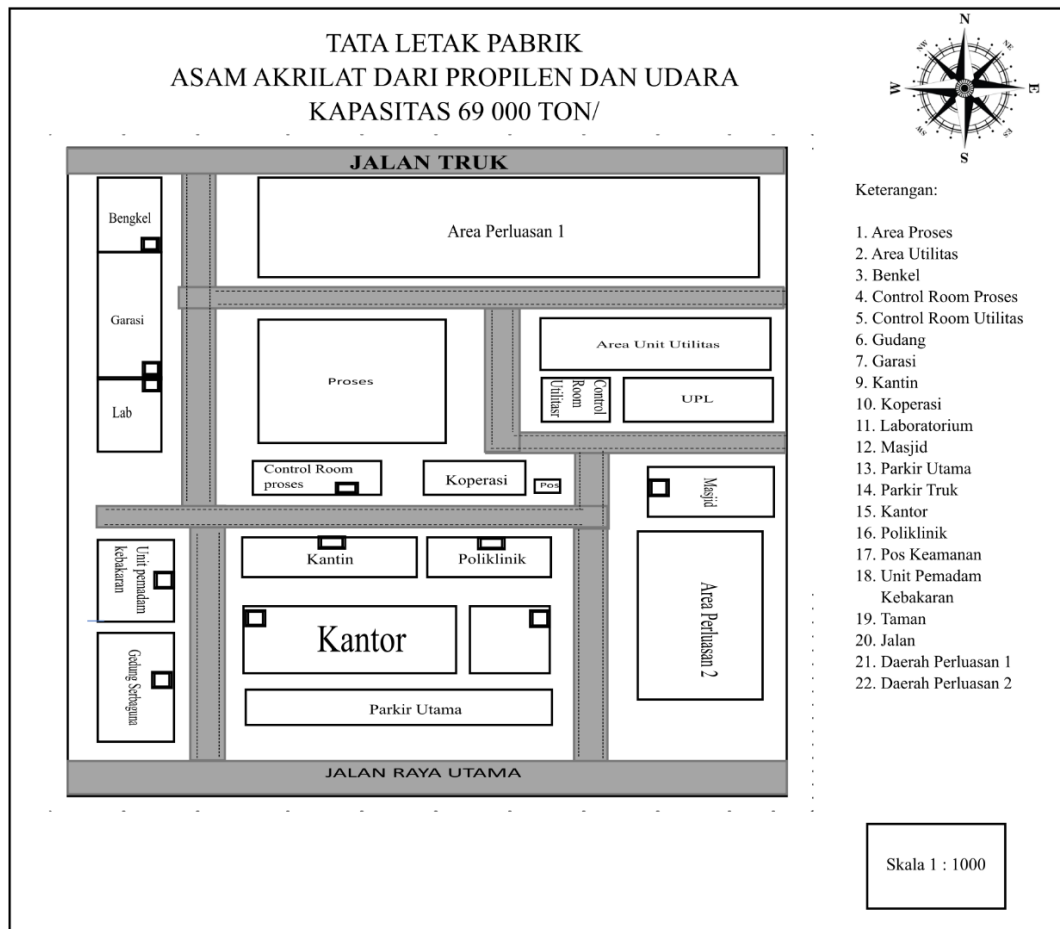
Penambahan perluasan lokasi atau pengembangan dari lokasi baru yang akan dikembangkan dimasa yang akan datang

Urutan proses produksi dari setiap perbaikan alat dan pemeliharaan agar kondisi alat tetap terjaga. Distribusi yang ekonomis pada pengadaan air, tenaga listrik, steam proses dan bahan baku diantara lain sebagai berikut :

- a. Kondisi bangunan yang meliputi luas bangunan dan konstruksi yang memadai atau memenuhi syarat yang ditentukan
- b. Keselamatan dalam bekerja dengan memperhatikan keamanan untuk menghindari terjadinya kebakaran atau kecelakaan kerja.
- c. Pembuangan limbah cair, gas maupun padatan
- d. Mempertimbangkan kemungkinan ketika terjadi perubahan tata letak mesin sehingga biaya tidak terlalu tinggi
- e. Fasilitas seperti tempat parkir, kantin, mushola diatur dengan baik sehingga tidak jauh dari tempat bekerja dan lebih tertata.
- f. Perincian luas tanah yang digunakan sebagai tempat berdirinya pabrik diuraikan dalam tabel dibawah ini.

Tabel 4 2 Perincian Luas Tanah

No.	Lokasi	Luas (m ²)
1	Area Proses	1800
2	Area Utilitas	1600
3	Bengkel	300
4	Control room proses	200
5	Control room utilitas	150
6	Gudang	300
7	Garasi	1200
8	Kantin	225
9	Koperasi	100
10	Laboratorium	500
11	Masjid	400
12	Parkir Utama	525
13	Parkir Truk	450
14	Perkantoran	1200
15	Poliklinik	225
16	Pos keamanan	150
17	Unit pemadam kebakaran	300
18	Taman	300
19	Jalan	400
20	Daerah Perluasan 1	2400
21	Daerah Perluasan 2	600
Luas bangunan		10225
Luas Tanah		12325



Gambar 4 2 Tata Letak Ruangan

4.3 Tata Letak Mesin/ Alat Proses (Machine Layout)

Tata letak dalam perancangan peralatan mesin atau proses pada suatu pabrik ada beberapa faktor yang harus diperhatikan agar perancangan proses yang akan disusun sesuai dengan alur yang benar yaitu :

4.3.1 Aliran Raw Material dan Produk

Penempatan tata letak peralatan proses yang akan dirancang agar sesuai dengan alur proses sesuai ketentuan yang benar, agar juga bisa mendapatkan keuntungan pada pabrik, seperti aspek – aspek analisis ekonomi, serta bisa membantu kelancaran dan keamanan dalam produksi.

4.3.2 Aliran Udara

Aliran udara seperti gas buangan disekitar area proses perlu diperhatikan. Hal ini untuk menghindari terjadinya penumpukan pada area kerja yang dapat membahayakan keselamatan para pekerja, selain itu perlunya memperhatikan arah hembusan angin agar gas buangan dari alat proses tidak mengarah ke pemukiman warga sekitar.

4.3.3 Pencahayaan

Pabrik ini akan berjalan atau berproduksi dalam waktu 24 jam per hari, penerangan pada area proses dalam pabrik juga harus memadai terkhusus area yang berbahaya agar tidak terjadi kejadian yang tidak diinginkan seperti kecelakaan dalam pabrik.

4.3.4 Lalu Lintas Kendaraan dan Manusia

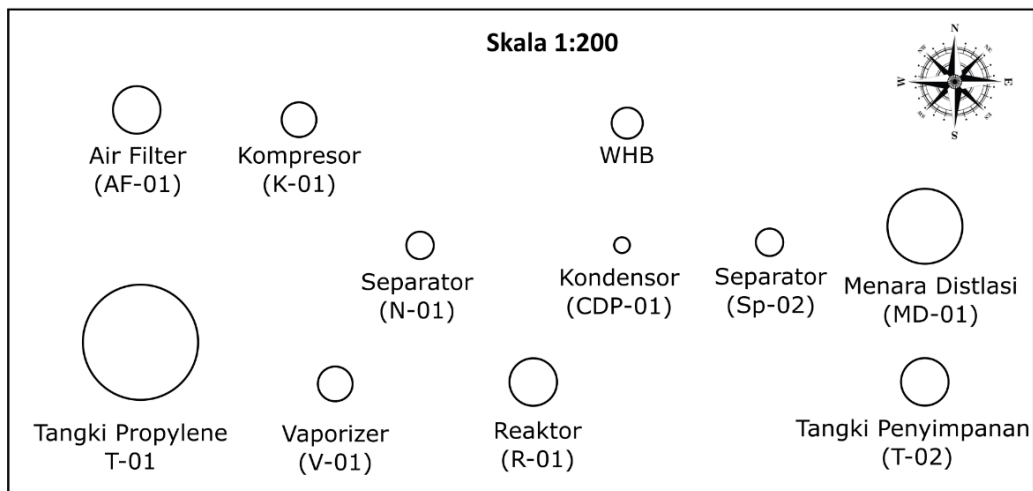
Lalu lintas sangat penting dalam proses berjalannya produksi, perlu diperhatikan agar semua pekerja bisa mencapai alat proses dengan cepat dan efisien sehingga mudah apabila terjadi gangguan agar bisa segera diatasi, serta jalur evakuasi apabila terjadi kebakaran atau bencana alam bisa ke tempat titik aman kumpul jalur evakuasi agar bisa menjaga keselamatan bersama

4.3.5 Pertimbangan Ekonomi

Pertimbangan ekonomi untuk menempatkan alat – alat proses pada pabrik. Hal ini bertujuan untuk menekan cost biaya operasi dan perencanaan agar bisa menjamin keamanan serta kelancaran produksi sehingga bisa menggantungkan dari sisi ekonomi.

4.3.6 Jarak Alat Proses

Penentuan jarak dari setiap alat didalam pabrik mempunyai pertimbangan tersendiri, ada yang ditempatkan berjauhan ada juga yang sulit berdekatan. Alat proses yang memiliki tekanan suhu dan operasi yang tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya agar tidak membahayakan alat proses lainnya apabila terjadi kebakaran atau ledakan proses tersebut.



Gambar 4 3 Tata Letak Alat Proses

4.4. Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

Bentuk perusahaan yang direncanakan untuk Pabrik Asam Akrilat dari Propilen dan Udara ini adalah Perseroan Terbatas (PT). Perseroan terbatas merupakan bentuk perusahaan yang modal awalnya diperoleh dari penjualan saham, dimana tiap pemegang saham turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham adalah surat berharga yang dikeluarkan oleh perusahaan atau PT tersebut dan orang yang memiliki saham berarti telah menyetorkan modal ke perusahaan yang berarti juga ikut memiliki perusahaan.

Direncanakan mempunyai klasifikasi sebagai berikut:

Bentuk perusahaan	: Perseroan Terbatas (PT)
Kapasitas Produksi	: 69.000 Ton/tahun
Lapangan Usaha	: Memproduksi Asam Akrilat
Letak	: Tangerang, Banten

Bentuk perusahaan dari pabrik ini direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Dasar pertimbangan dari pemilihan bentuk perusahaan ini adalah sebagai berikut:

- a. Mudah mendapatkan modal, selain modal dari bank, modal dapat diperoleh dari hasil penjualan saham.
- b. Perusahaan dilindungi oleh undang – undang
- c. Memiliki kebebasan untuk melakukan berbagai aktivitas bisnis, baik jenis atau bidang usaha maupun wilayah operasinya yang lebih luas dan beragam.
- d. Tanggung jawab pemegang saham hanya sebatas pada porsi saham yang dimiliki dan tidak dapat mencakup kekayaan pribadi dari pemegang saham.
- e. Mudah mengalihkan kepemilikan
- f. Proses pendirian lebih mudah
- g. Mudah mendapatkan modal, selain modal dari bank, modal dapat juga diperoleh dari penjualan saham.

- h. Demi kelancaran produksi, maka tanggung jawab setiap pemegang saham dipegang oleh pimpinan perusahaan.
- i. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin karena tidak terpengaruh oleh terhentinya pemegang saham, direksi, maupun karyawan.

4.1.2 Struktur Organisasi

Struktur organisasi yang jelas dan sistematis di dalam suatu perusahaan merupakan salah satu factor yang berpengaruh terhadap kelangsungan dan kemajuan perusahaan karena berhubungan langsung dengan komunikasi dan kerjasama yang baik antar karyawan sehingga operasional perusahaan dapat berjalan dengan baik. Setiap perusahaan bisa saja memiliki struktur organisasi yang berbeda – beda tergantung pada kebutuhannya masing – masing.

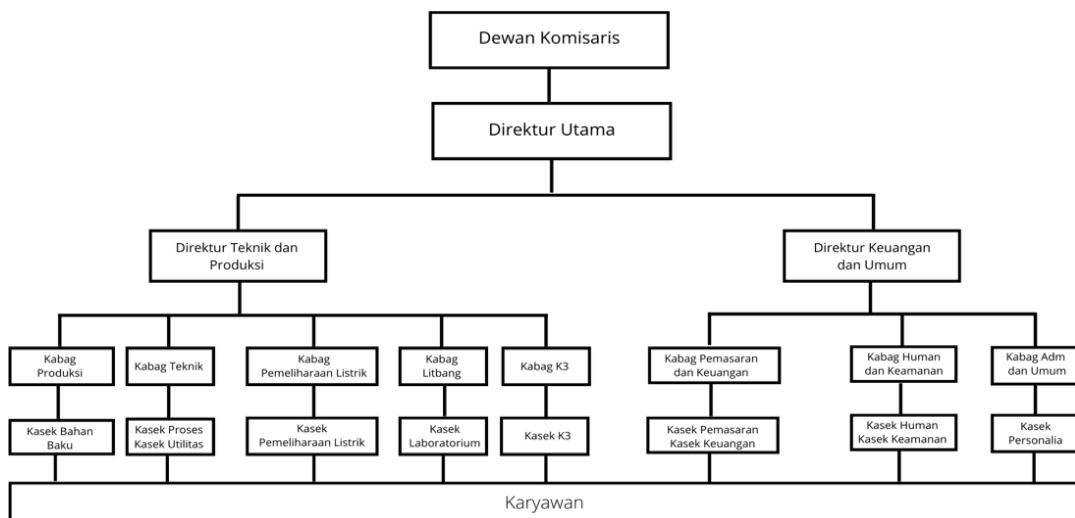
Pada pabrik Asam Akrilat ini struktur organisasi yang dipilih adalah dengan system line and staff. Kelebihan sistem ini adalah garis 210 kekuasaan lebih sederhana dan praktis.

Demikian pula dalam hal pembagian tugas kerja, seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional, dimana seorang karyawan hanya bertanggung jawab pada atasan saja. Dalam menjalankan organisasi terhadap dua kelompok yang berpengaruh pada sistem ini, yaitu:

Sebagai garis atau line merupakan orang yang melaksanakan tugas pokok organisasi untuk mencapai tujuan.

Sebagai staff merupakan orang yang melakukan tugas sesuai dengan keahliannya, berfungsi memberikan saran – saran kepada unit operasional.

Dalam menjalankan tugas dan wewenangnya, para pemegang saham yang merupakan pemilik perusahaan diwakili oleh Dewan Komisaris, sementara dalam hal tugas menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh Direktur Utama yang dibantu oleh beberapa Direktur dibawahnya. Baik Dewan Komisaris maupun Direktur Utama dipilih oleh para pemegang saham dalam Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) yang merupakan kekuasaan tertinggi dalam perusahaan,



Gambar 4 4 Struktur Organisasi

4.4.3 Tugas dan Wewenang

4.4.3.1 Pemegang Saham

Pemegang saham merupakan orang yang memberikan modal untuk perusahaan dengan cara membeli saham perusahaan. Sehingga para pemilik saham juga merupakan pemilik perusahaan. Tugas dan Wewenang pemegang saham adalah sebagai berikut:

- a. Mengangkat dan memberikan Dewan Komisaris dan Direktur
- b. Mengesahkan hasil – hasil usaha dan neraca perhitungan untung rugi tahunan perusahaan.
- c. Mengedakan Rapat Umum Pemegang Saham minimal satu kali dalam setahun.

4.4.4 Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan pelaksana tugas sehari – hari dari pemegang saham dan bertanggung jawab penuh kepada pemegang saham. Tugas dan wewenang Dewan Komisaris adalah sebagai berikut.

- a. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijakan umum, target perusahaan alokasi sumber dana dan pengarahan pemasaran.

- b. Mengawasi tugas – tugas direksi
- c. Membantu direksi dalam tugas – tugas penting.

4.4.5 Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan yang bertanggung jawab penuh terhadap jalannya perusahaan kepada Dewan Komisaris. Tugas dan wewenang Direktur Utama adalah sebagai berikut:

- a. Mengatur dan melaksanakan kebijakan perusahaan
- b. Bertanggung jawab kepada dewan komisaris dan pemegang saham atas pekerjaannya pada akhir jabatannya.
- c. Menjaga kestabilan organisasi perusahaan dan kontinuitas hubungan baik antara pemilik saham, pimpinan, konsumen serta karyawan.
- d. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian atas persetujuan para pemegang saham.
- e. Mengkoordinir Kerjasama antara direktorat bagian dan seksi dibawahnya.

Direktur Utama membawahi beberapa direktorat, antara lain:

a. Direktorat Teknik dan Produksi

Direktorat Teknik dan Produksi memiliki tugas dan wewenang dalam merumuskan kebijakan Teknik operasi serta mengawasi kesinambungan operasional pabrik. Direktorat Teknik dan produksi membawahi beberapa bagian, antara lain bagian proses dan utilitas, bagian pemeliharaan, listrik dan instrumentasi, serta bagian penelitian, pengembangan dan pengendalian mutu.

b. Direktorat Keuangan dan Pemasaran

Direktorat Keuangan dan Pemasaran memiliki tugas dan wewenang dalam Menyusun dan mengalokasikan anggaran dan pendapatan perusahaan serta melaksanakan kebijakan pemasaran. Direktorat keuangan dan pemasaran membawahi beberapa bagian, antara lain Bagian Keuangan dan Bagian Pemasaran

c. Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum

Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum memiliki tugas dan wewenang dalam hal yang berhubungan dengan administrasi, personalia, humas, keamanan,

dan keselamatan kerja. Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum membawahi beberapa bagian, antara lain Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan, Bagian Administrasi dan Sumber Daya Manusia, serta Bagian Umum dan Keamanan.

4.4.6 Kepala Bagian

Setiap dari kepala bagian memiliki tugas dan wewenang dalam mengatur, mengkoordinir dan mengawal pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis wewenang yang diberikan oleh pimpinan perusahaan dan bertanggung jawab kepada direktorat yang menaunginya. Bagian – bagian tersebut terdiri dari :

- a. Bagian Proses dan Utilitas
Bertanggung jawab terhadap kegiatan pabrik dalam bidang proses, penyediaan bahan baku dan utilitas.
- b. Bagian Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi
Bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan, perawatan dan penyediaan fasilitas penunjang kegiatan produksi
- c. Bagian penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu
Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengembangan, pengembangan perusahaan, dan pengawasan mutu.
- d. Bagian Keuangan
Bertanggung jawab terhadap kegiatan pengelolaan keuangan, pengadaan barang, serta pembukuan keuangan.
- e. Bagian Pemasaran
Bertanggung jawab terhadap kegiatan distribusi dan pemasaran produk.
- f. Bagian Kesehatan, Kesehatan Kerja dan Lingkungan
Bertanggung jawab terhadap kesehatan dan keselamatan kerja karyawan serta pelestarian lingkungan.
- g. Bagian Administrasi dan Sumber Daya Manusia

Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan administrasi, kesekretariatan dan pengembangan sumber daya manusia

h. Bagian Umum dan Keamanan

Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan masyarakat umum serta keamanan perusahaan.

4.4.7 Kepala Seksi

Setiap seksi memiliki tugas dan wewenang dalam melaksanakan pekerjaan dalam lingkungan seksinya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh Kepala Bagian masing- masing. Setiap seksi bertanggung jawab kepada bagian yang menaunginya. Seksi-seksi tersebut terdiri dari :

a. Seksi Proses

Bertanggung jawab dalam melaksanakan dan memastikan kelancaran kegiatan produksi dipabrik.

b. Seksi Utilitas

Bertanggung jawab dalam melaksanakan dan memastikan kelancaran kegiatan produksi dipabrik.

c. Seksi pemeliharaan

Bertanggung jawab dalam melakukan perawatan, pemeliharaan dan penggantian alat – alat serta fasilitas pendukung proses produksi.

d. Seksi Listrik dan Instrumentasi.

Bertanggung jawab dalam memastikan ketersediaan energi listrik dan instrumentasi yang dibutuhkan agar proses produksi dapat berjalan dengan baik.

e. Seksi Penelitian dan Pengembangan

Bertanggung jawab dalam melaksanakan penelitian dan pengembangan perusahaan.

f. Seksi Labotatorium dan Pengendalian Mutu

Bertanggung jawab dalam melaksanakan pengendalian mutu bahan baku, bahan Pembantu dan Produk.

g. Seksi K3

Bertanggung jawab dalam memastikan kesehatan karyawan dan keluarga,

serta menangani masalah keselamatan kerja diperusahaan

h. Seksi Unit Pengolahan Limbah

Bertanggung jawab melaksanakan pengolahan limbah hasil produksi

i. Seksi Tata Usaha

Bertanggung jawab dalam mengurus kebijakan teknis dibidang administrasi, kesekretiatan, perencanaan dan pelaporan, perlengkapan serta asset perusahaan.

j. Seksi Personalia

Bertanggung jawab dalam melaksanakan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian dan pengembangan sumber daya manusia.

k. Seksi Hubungan Masyarakat

Bertanggung jawab menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan dengan pemerintah, masyarakat dan industri – industri lain.

l. Seksi Keamanan

Bertanggung jawab dalam menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.

4.4.8 Pembagian Jam Karyawan

Pabrik Asam Akrilat ini direncanakan beroperasi 330 hari dalam 1 tahun dan 24 jam perhari. Sisa hari untuk perbaikan, perawatan dan shutdown. Sedangkan pembagian jam kerja karyawan dibagi dalam 2 golongan, yaitu karyawan shift dan non shift.

4.4.9 Karyawan Non Shift

Karyawan non shift adalah karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. yang tidak termasuk karyawan harian adalah direktur, staf ahli, kepala bagian, kepala seksi serta bawahan yang berada di kantor. Karyawan harian dalam 1 minggu akan bekerja selama 5 hari dengan pembagian kerja sebagai berikut :

a. Hari Senin – Kamis

Jam Kerja : pkl 07.00 – 16.00

Jam Istirahat : pkl 12.00 – 13.00

b. Hari Jumat

Jam Kerja : pkl 08.00 – 16.00

Jam Istirahat : pkl 11.30 – 13.00

4.4.10 Karyawan Shift

Karyawan shift adalah karyawan yang secara langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi.

Para karyawan shift akan bekerja bergantian sehari semalam dengan pengaturan sebagai berikut:

a. Shift Pagi : pkl 07.00 – 15.00

b. Shift Sore : pkl 15.00 – 23.00

c. Shift Malam : pkl 23.00 – 07.00


Untuk karyawan shift ini dibagi dalam 4 regu (A/B/C/D) dimana 3 regu bekerja dan 1 regu istirahat, dan dikarenakan secara bergantian. Tiap regu akan mendapatkan giliran 2 hari kerja pada setiap shift secara berturut-turut kemudian 2 hari libur dan masuk lagi untuk shift berikutnya.

Kelancaran produksi dari suatu pabrik sangat dipengaruhi oleh factor – factor kedisiplinan karyawannya. Untuk itu kepada seluruh karyawan diberlakukan absensi dan masalah absensi ini digunakan pimpinan perusahaan sebagai dasar dalam mengembangkan karier para karyawan dalam perusahaan. (Zamani, 1998).

Tabel 4 3 Jadwal jam kerja karyawan-shift

Regu	Hari														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	I	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III	
B	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III			I
C	III	III			I	I	II	II	III	III			I	I	II
D			I	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III

Regu	Hari														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A		I	I	II	II	III	III			I	II	II	II	III	III
B	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III		
C	II	III	III			I	I	II	II	III	III			I	I
D	III			I	I	II	II	III	III			I	I	II	II

Keterangan : 1,2,3, dst : Hari ke-
A,B,C,D :Regu kerja Shift
 : Libur

4.4.11 Status Karyawan

Pada pabrik Asam Akriolat ini sistem upah karyawan berbeda – beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab dan keahlian. Menurut status karyawan dapat dibagi menjadi tiga golongan sebagai berikut :

a. Karyawan Tetap

Karyawan tetap yaitu karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan keputusan (SK) direksi dan mendapat gaji bulanan dengan kedudukan, keahlian dan masa kerjanya.

b. Karyawan Harian

Karyawan harian yaitu karyawan yang diangkat dan diberhentikan direksi

tanpa SK direksi dan mendapatkan upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

c. Karyawan Borongan

Karyawan diagnost merupakan karyawan yang bekerja di pabrik atau perusahaan jika diperlukan saja. Karyawan ini menerima gaji borongan untuk suatu pekerjaan yang telah disetujui.

4.4.12 Sistem Gaji Karyawan

Sistem pembagian gaji pada perusahaan Asam Akrilat ini terbagi menjadi tiga jenis yaitu sebagai berikut:

a. Gaji bulanan

Gaji bulanan merupakan gaji yang diberikan kepada karyawan tetap dengan jumlah sesuai peraturan perusahaan dan dibayarkan pada tanggal 1 setiap bulannya.

b. Gaji bulanan

Gaji harian merupakan gaji yang diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh dan karyawan Borongan.

c. Gaji bulanan

Gaji lembur merupakan gaji tambahan yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokok.

4.4.13 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji

Penggolongan jabatan, jumlah karyawan, gaji dapat dilihat pada table :

Tabel 4 4 Jumlah dan Gaji Karyawan

No.	Jabatan	Jumlah	Pendidikan	Total Gaji
1.	Dewan Komisaris	2	S1	IDR. 200.000.000
2.	Direktur Utama	1	S1	IDR. 100.000.000
3.	Direktur Produksi dan Supply Chain	1	S1	IDR. 75.000.000
4.	Direktur Sumber Daya Manusia	1	S1	IDR. 75.000.000
5.	Direktur Keuangan dan Umum	1	S1	IDR. 75.000.000
6.	Staff Ahli	1	S1	IDR. 65.000.000
7.	Ka. Bag. Produksi	1	S1	IDR. 55.000.000
8	Ka. Bag. Teknik	1	S1	IDR. 55.000.000
9	Ka. Bag. Pemasaran dan Keuangan	1	S1	IDR. 45.000.000
10	Ka. Bag. Administrasi dan Umum	1	S1	IDR. 45.000.000
11	Ka. Bag. Litbang	1	S1	IDR. 45.000.000
12	Ka. Bag. Humas dan Keamanan	1	S1	IDR. 45.000.000
13	Ka. Bag. K3	1	S1	IDR. 45.000.000
14	Ka. Bag. Pem. Listrik dan Instrumen	1	S1	IDR. 45.000.000
15	Ka. Sek. Utilitas	1	S1	IDR. 35.000.000
16	Ka. Sek. Proses	1	S1	IDR. 35.000.000
17	Ka. Sek. Bahan Baku dan Produksi	1	S1	IDR. 35.000.000
18	Ka. Sek. Listrik dan Instrumen	1	S1	IDR. 35.000.000
19	Ka. Sek. Laboratorium	1	S1	IDR. 35.000.000
20	Ka. Sek. Personalia	1	S1	IDR. 35.000.000
21	Ka. Sek. Keuangan	1	S1	IDR. 35.000.000
22	Ka. Sek. Pemasaran	1	S1	IDR. 35.000.000
23	Ka. Sek. Humas	1	S1	IDR. 35.000.000
24	Ka. Sek. Keamanan	1	S1	IDR. 35.000.000
25	Ka. Sek. K3	1	S1	IDR. 35.000.000
26	Karyawan Personalia	5	S1/D3	IDR. 100.000.000
27	Karyawan Humas	5	S1/D3	IDR. 100.000.000
28	Karyawan Keamanan	5	S1/D3	IDR. 100.000.000
29	Karyawan Litbang	5	S1/D3	IDR. 100.000.000
30	Karyawan Pembelian	5	S1/D3	IDR. 100.000.000
31	Karyawan Pemasaran	5	S1/D3	IDR. 100.000.000
32	Karyawan Administrasi	5	S1/D3	IDR. 100.000.000
33	Karyawan Kas/Anggaran	5	S1/D3	IDR. 100.000.000
34	Karyawan Proses	12	S1/D3	IDR. 240.000.000
35	Karyawan Pengendalian	6	S1/D3	IDR. 120.000.000
36	Karyawan Laboratorium	6	S1/D3	IDR. 120.000.000
37	Karyawan Pemeliharaan	6	S1/D3	IDR. 120.000.000
38	Karyawan Utilitas	12	S1/D3	IDR. 240.000.000

No.	Jabatan	Jumlah	Pendidikan	Total Gaji
39	Karyawan K3	5	S1/D3	IDR. 100.000.000
40	Kepala Operator	8	S1/D3	IDR. 160.000.000
41	Operator	72	S1/D3	IDR. 360.000.000
42	Dokter	2	S1	IDR. 40.000.000
43	Perawat	2	D3	IDR. 20.000.000
44	Satpam	9	SMA/SMK	IDR. 45.000.000
45	Supir	4	SMA/SMK	IDR. 24.000.000
46	Cleaning Service	3	SMA/SMK	IDR. 15.000.000
	TOTAL	210		IDR. 3.744.000.000

4.4.14 Ketenagakerjaan

Setiap karyawan mempunyai hak dalam hal ketenagakerjaan seperti yang tertuang dalam peraturan perundang – undangan. Hak – hak tersebut antara lain:

1. Tunjangan – tunjangan karyawan terdiri dari :
 - a. Tunjangan yang berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.
 - b. Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan.
 - c. Tunjangan lembur yang diberikan karyawan yang bekerja diluar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja.
 - d. Tunjangan hari raya (THR), diberikan sebesar nilai satu bulan gaji kepada karyawan setiap tahunnya saat menjelang hari raya Idul Fitri.

2. Hari Libur Nasional

Untuk karyawan harian (non-shift), hari libur nasional dihitung sebagai libur kerja. Sedangkan bagi karyawan shift, hari libur nasional dihitung sebagai kerja lembur (Overtime).

3. Hak Cuti

Hak cuti karyawan terdiri dari :

- a. Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam satu tahun. Apabila hak cuti tersebut tidak dipergunakan maka hak tersebut akan hilang ditahun tersebut.
- b. Cuti sakit diberikan kepada setiap karyawan yang menderita sakit

berdasarkan keterangan dokter, termasuk kepada karyawan Wanita yang melahirkan.

1. Fasilitas Karyawan

Dalam rangka meningkatkan produktivitas karyawan, perusahaan menyediakan berbagai fasilitas yang dapat digunakan oleh karyawan untuk menjaga kondisi jasmani dan rohani karyawan, sehingga mereka tidak merasa jenuh dalam menjalankan pekerjaan sehari-hari dan kegiatan dalam perusahaan dapat berjalan dengan lancar. Fasilitas yang disediakan perusahaan meliputi:

a. Poliklinik

Poliklinik disediakan bertujuan untuk menjaga Kesehatan karyawan yang merupakan salah satu hal yang berpengaruh dalam efisiensi produksi pabrik. Poliklinik yang disediakan ditangani oleh dokter dan perawat.

b. Pakaian Kerja

Perusahaan memberikan dua pasang pakaian kerja setiap tahunnya kepada semua karyawan untuk menghindari kesenjangan antar karyawan. Selain itu, perusahaan menyediakan masker dan berbagai alat pelindung diri (APD) lain sebagai alat pengaman kerja.

c. Makan dan Minum

Makan dan minum disediakan sebanyak satu kali dalam sehari oleh perusahaan yakni pada jam makan siang. Makanan dan minuman direncanakan akan dikelola oleh perusahaan catering yang ditunjuk perusahaan.

d. Tempat Ibadah

Tempat ibadah yang disediakan perusahaan berupa masjid, agar karyawan tetap dapat melaksanakan kewajiban rohani dan aktivitas keagamaan lainnya.

e. Transportasi

Untuk meringankan beban pengeluaran karyawan, perusahaan menyediakan alat transportasi bagi karyawan yang tidak menggunakan transportasi pribadi berupa shuttle bus. Bus akan beroperasi di beberapa titik tempat tinggal karyawan untuk mengantar dan menjemput karyawan saat akan berangkat dan pulang bekerja.

2. Jaminan Ketenagakerjaan

Perusahaan menyediakan asuransi pertanggungjawaban jiwa dan asuransi kecelakaan kerja bagi karyawan yang dikelola oleh Badan Penyelenggara Jaminan Sosial Tenaga Kerja (JAMSOSTEK).

Ruang lingkup jaminan sosial tenaga kerja meliputi:

a. Jaminan Kecelakaan Kerja

- Biaya pengobatan
- Biaya pemeriksaan, pengobatan dan perawatan
- Biaya rehabilitasi

Santunan berupa uang yang meliputi : santunan sementara tidak mampu bekerja, santunan cacat sebagian atau selama-lamanya, santunan cacat total untuk selama-lamanya baik fisik maupun mental dan santunan kematian .

b. Jaminan Kematian

- Biaya pemakaman
- Santunan berupa uang
- Jaminan Hari Tua

Jaminan hari tua dibayarkan secara sekaligus atau berkala kepada tenaga kerja karena :

- Telah mencapai usia 55 (lima puluh lima tahun).
- Cacat total tetap setelah ditetapkan dokter.

Dalam hal tenaga kerja meninggal dunia, jaminan hari tua dibayarkan kepada janda atau anak yatim piatu.

c. Jaminan Pemeliharaan Kesehatan

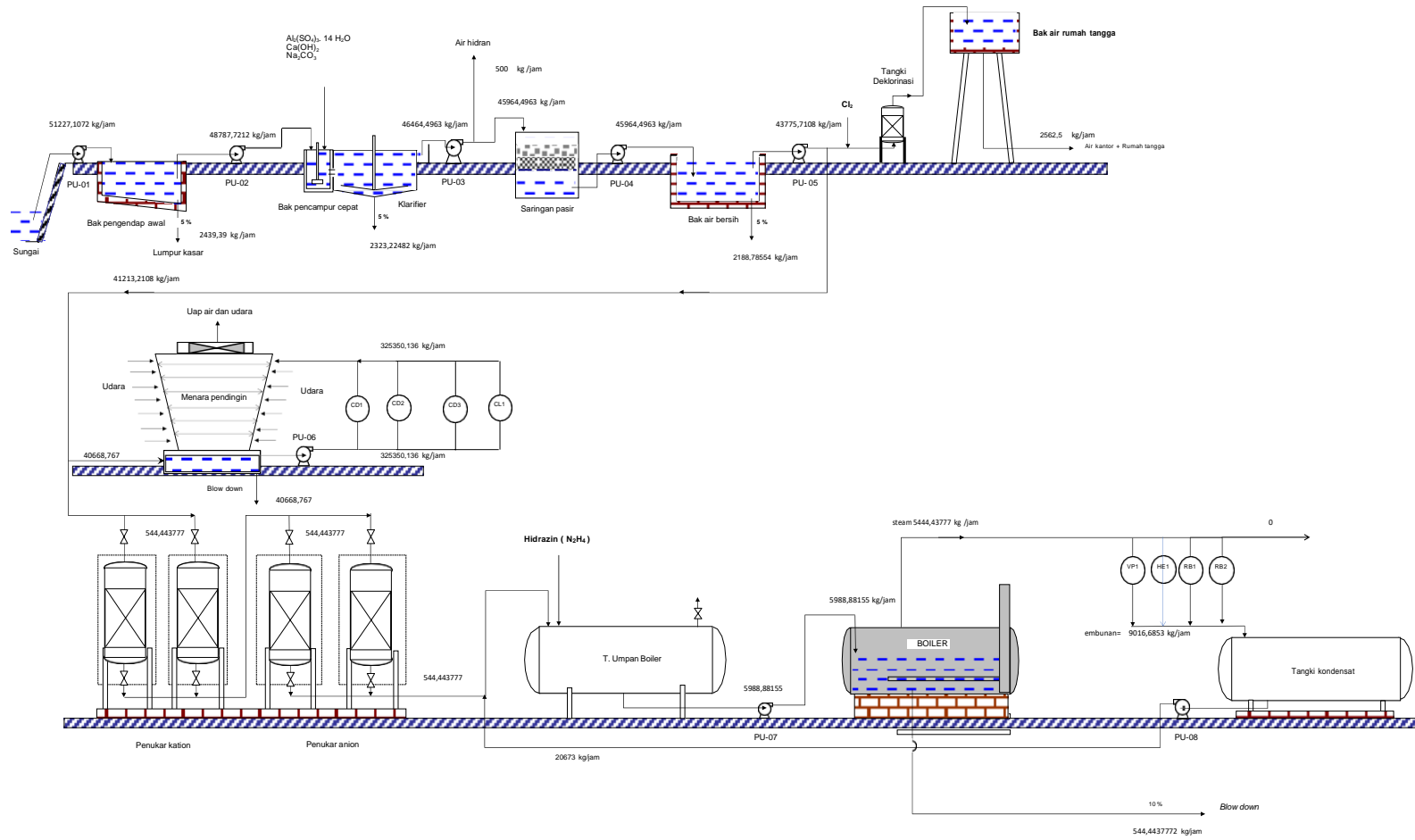
- Rawat jalan tingkat pertama
- Rawat jalan tingkat lanjutan
- Rawat inap
- Pemeriksaan kehamilan dan pertolongan persalinan
- Penunjang diagnostic
- Pelayanan khusus
- Pelayanan gawat darurat

BAB V UTILITAS

Unit utilitas merupakan sarana penunjang yang penting demi kelancaran jalannya proses produksi. Sarana penunjang adalah sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan. Beberapa utilitas yang diperlukan dalam perancangan pabrik asam akrilat dari propilen dan udara ini meliputi :

1. Diagram Alir Utilitas
2. Unit penyediaan dan Pengolahan Air (Water Treatment System)
3. Unit Pembangkit Steam
4. Unit Pembangkit Listrik (Power Plant System)
5. Unit Penyediaan Udara Tekan (Instrument Air System)
6. Unit Penyediaan Bahan Bakar
7. Unit Pengolahan Limbah

5.1 Diagram Alir Utilitas



Gambar 5 1 Diagram Alir Utilitas

5.2 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

Perancangan pabrik Asam Akrilat dari Propilen dan Udara ini sumber air yang digunakan adalah sumber air sungai di Tangerang yaitu sungai Cisadane. Berikut ini beberapa pertimbangan dalam menggunakan air sungai menjadi sumber air.

- a. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana dan relative murah, sedangkan pengolahan air laut lebih rumit dan biaya pengolahannya biasa lebih tinggi karena lebih banyak kandungan garam mineral didalamnya yang perlu dipisahkan.
- b. Air sungai juga merupakan sumber air kontinyu yang cukup tinggi sehingga kekurangan air dapat dihindari.

Berikut ini merupakan kebutuhan air yang diperlukan untuk aktivitas pabrik Asam Akrilat yang akan berdiri di Tangerang, Banten :

5.2.1 Air Kebutuhan Umum

5.2.1.1 Air Domestik (Domestic Water)

Domestik water adalah air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan seperti air minum, toilet, perumahan dan sebagainya. Air domestic yang digunakan harus memenuhi persyaratan, seperti :

- Air jernih
- Tidak berbau
- Tidak berasa
- Tidak mengandung zat organik dan anorganik
- Tidak beracun

Dilingkungan pabrik ada 5 mess dan setiap mess diisi 6 orang dan 78 orang pekerja saat di kantor

Jatah air untuk mess	: 300 liter / orang x hari
	: 375 liter / jam
	: 375 kg / jam
Jatah air untuk Kantor	: 150 liter/orang x hari
	: 11700 kg/hari
	: 487,5 kg/jam

Tabel 5 1 Kebutuhan Air Domestik

Penggunaan	Jumlah (kg/jam)
Kantor	487,5 kg/jam
Mess	862,5 kg/jam
Jumlah	1.350 kg/jam

5.2.1.1 Air Layanan Umum (Service Water)

Service water merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan layanan umum seperti bengkel, poliklinik, laboratorium, kantin, masjid dan lain – lain. Kriteria *service water* yang digunakan pada kebutuhan air yang digunakan untuk pemadam kebakaran apabila terjadi timbulnya api atau kebakaran suatu tempat di dalam pabrik, kebutuhan air *hydrant* bersifat kondisional yang sewaktu – waktu dibutuhkan mendesak yang harus dipadamkan apabila terjadi kebakaran.

Air sanitasi untuk memenuhi kualitas tertentu yaitu :

- a. Syarat fisika meliputi :
 - Suhu : di bawah suhu udara
 - Warna : jernih
 - Rasa : tidak berasa
 - Bau : tidak berbau
- b. Syarat kimia, meliputi :
 - Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air
 - Tidak mengandung bahan beracun
 - Tidak mengandung bakteri terutama pathogen yang dapat merubah fisik air. Total perkiraan kebutuhan air untuk pemakaian layanan umum (*service water*) dan *hydrant* 1.375 kg/jam.

5.2.1.2 Air Pendingin

Air pendingin merupakan air yang digunakan sebagai media pendingin pada proses produksi. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan digunakan air pendingin sebagai media pendingin antara lain :

- a. Air pendingin diperoleh dengan mudah dan dalam jumlah besar.
- b. Mudah dilakukan pengaturan dan pengolahan

- c. Memiliki daya serap terhadap panas persatuan volume cukup tinggi
- d. Tidak terdekomposisi

Namun terdapat beberapa syarat kandungan zat yang tidak diperbolehkan ada dalam air pendingin, seperti :

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

Kebutuhan air pendingin pada pabrik Asam Akrilat ini perancangan dibuat air make up sebesar 12,5% maka kebutuhan air make up untuk pendingin menjadi sebesar 40668,8 kg/jam dan air make up untuk boiler sebesar 10% massa air make up untuk steam sebesar 32535,01362 kg/jam.

Tabel 5 2 Total Kebutuhan Air

Penggunaan	Kode Alat	Jumlah kg/jam
Condensor Parsial	CDP-01	307109,3594 kg/jam
Condensor	CD-01	304761,1661 kg/jam
Cooler	CL-01	20588,9306 kg/jam
Jumlah		632459,4561 kg/jam

5.3 Unit Pembangkit Steam (Steam Generation System)

Unit pembangkit steam bertujuan untuk mencukupi kebutuhan steam pada proses produksi. Direncanakan boiler menghasilkan steam jenuh (*saturated steam*) pada tekanan 1 atm dan suhu 150 °C.

Tabel 5 3 Kebutuhan Steam

Penggunaan	Kode Alat	Jumlah kg/jam
Vaporizer	V-01	927,990 kg/jam
Reboiler	RB-01	99,673 kg/jam
Heat Exchanger	HE-01	1517,560 kg/jam
Heat Exchanger	HE-02	6471,462 kg/jam
Jumlah		9016,685 kg/jam

5.4 Pembangkit Listrik (Power Plant System)

Kebutuhan listrik di pabrik ini diperoleh dari PLN, selain dari PLN listrik cadangan didapatkan dari generator pabrik apabila listrik dari PLN mengalami kendala. Hal ini bertujuan agar pasokan listrik dapat berlangsung kontinyu dan tidak ada gangguan listrik yang padam.

- Listrik untuk AC
- Listrik untuk laboratorium dan bengkel
- Listrik untuk keperluan proses dan utilitas
- Listrik untuk penerangan
- Listrik untuk instrumentasi

Kelebihan menggunakan listrik PLN adalah biayanya murah, sedangkan kekurangan menggunakan listrik PLN adalah kontinyu dari penyediaan listrik tenaganya tidak tetap dan kurang terjamin.

Tabel 5 4 Daya Alat Proses

NO	Nama Alat	Kode Alat	Daya	
			HP	kWatt
1	Pompa P01	P-01	1,5	1,119
2	Pompa P02	P-02	5,00	3,729
3	Pompa P03	P-03	7,50	5,593
4	Pompa P04	P-04	0,50	0,373
12	Kompersor	K-01	5000	3728,561
	Total		5104,5	3739,374

Tabel 5 5 Daya Alat Utilitas

NO	Nama Alat	Kode Alat	Daya	
			HP	kWatt
1	PompaPU01	PU-01	25	18,643
2	PompaPU02	P-02	15	11,186
3	PompaPU03	P-03	2	1,491
4	PompaPU04	P-04	0,5	0,373
5	PompaPU05	P-05	10	7,457
6	PompaPU06	P-16	150	111,857
7	Udara Tekan	UT	0,5	0,373
8	Menara Pendingin	CT	75	55,928
9	Bak Pencampur Cepat	RMT	0,5	0,373
10	Klarifier	KL	1,5	1,119
	Total		280	190,157

Tabel 5 6 Kebutuhan Listrik Pabrik

No	Unit	Kebutuhan (kWatt)
1	Power Plant	3739,374 kWatt
2	Utilitas	190,157 kWatt
4	Penerangan	2.500 kWatt
5	Kantor	2.500 kWatt
6	Bengkel Laboratorium	2.500 kWatt
Jumlah		11429,53 kWatt

5.5 Unit Penyedia Udara Tekan

Pada unit penyedia udara tekan mempunyai fungsi untuk menyediakan kebutuhan udara yang dibutuhkan semua dari alat controller memenuhi kebutuhan udara tekan untuk alat – alat yang bekerja dengan prinsip pneumatic terutama alat – alat kontrol. Pada dasar proses yang terjadi pada unit ini adalah mengurangi berat jenis udara dari kandungan kondensat sebelum masuk ke unit instrument udara. Total kebutuhan udara tekan yang diperlukan pada pabrik Asam Akrilat diperkirakan 34,7 m³/jam.

5.6 Unit Penyedia Bahan Bakar

Pada unit penyedia bahan bakar bertujuan menyediakan bahan bakar yang dipergunakan pada boiler dan furnace. Bahan bakar yang dipilih untuk menjalankan boiler yaitu solar dan dibutuhkan sebanyak 36.0508 liter/tahun. Prinsip kerja dari generator adalah solar dan udara yang terbakar secara kompresi yang selanjutnya akan menghasilkan panas. Panas nantinya digunakan untuk menghidupkan generator dan menghasilkan tenaga listrik kemudian didistribusikan ke panel dan selanjutnya dialirkan ke unit proses dan utilitas.

5.7 Unit Pengolahan Limbah

Limbah merupakan bahan sisa buangan dari suatu proses produksi industri pabrik yang sudah tidak terpakai lagi. Pengolahan limbah pabrik Asam Akrilat dari Propilen dan Udara ini berupa limbah cair. Limbah dari proses produksi pabrik harus dikondisikan agar tidak terjadi pencemaran lingkungan seperti kematian ikan, merusak tanaman, keracunan pada hewan, maupun gangguan kesehatan manusia. Limbah ini diolah di Unit Pengolahan Limbah yang menghasilkan sebagai berikut :

5.7.1 Limbah Cair

Limbah cair pabrik ini adalah limbah air pengolahan asam akrilat. Limbah air pengolaham asam akrilat mengandung hidrokarbon. Limbah seperti ini dapat ditangani dengan metode Oksidasi Basah (*Wet Oxidation*) Metode oksidasi basah dapat diterapkan pada berbagai jenis limbah organik atau anorganik yang dapat dioksidasi dan larut atau tersuspensi dalam air, terutama limbah yang bersifat racun

dan memiliki kadar COD yang tinggi (Mishra dkk., 1995). Oksidasi basah diperlukan untuk mengolah limbah agar limbah yang dibuang ke perairan tidak menimbulkan pencemaran.

5.7.2 Limbah Gas

Limbah gas berasal dari gas hasil reaksi reactor yang berupa N₂, O₂ dan CO₂. Secara umum limbah gas tersebut langsung dibuang ke udara bebas.

5.8 Unit Penyedia Dowtherm

Dowtherm berfungsi untuk, dengan mempertimbangkan faktor keamanan pada alat yang menggunakan dowtherm, maka kebutuhan dowtherm dengan excess 20% untuk alat proses pabrik asam akrilat yaitu sebanyak 16.725,42 kg/jam dan make up sebesar 10% sebanyak 18.397,96 kg/jam. Pada alat proses yang membutuhkan dowtherm adalah reaktor untuk menstabilkan suhu pada reaktor agar dapat berjalan sesuai dengan kondisi operasi yang telah ditentukan

5.9 Spesifikasi Alat Utilitas

1. Bak Pengendapan Awal

Tabel 5 7 Spesifikasi Bak Pengendap Awal

Spesifikasi Umum	
Nama alat	Bak Pengendap Awal
Kode	BP
Fungsi	Mengendapkan kotoran yang terbawa dari air sungai
Bentuk	Persegi Panjang
Bahan	Beton Bertulang
Volume	454,736 m ³
Waktu tinggal	4 jam
Over Design	20%

2. Bak Pencampur Cepat

Tabel 5 8 Spesifikasi Bak Pencampur Cepat

Spesifikasi Umum	
Nama alat	Bak Pencampur Cepat
Kode	RMT
Fungsi	Mencampur bahan kimia penggumpal dan pengurang kesadahan
Bentuk	Silinder tegak
Bahan	Baja karbon
Volume	1,804 m ³
Waktu tinggal	1 menit
Over Design	20%

3. Klarifier

Tabel 5 9 Spesifikasi Klarifier

Spesifikasi Umum	
Nama alat	Klarifier
Kode	KL
Fungsi	Menggumpalkan dan mengendapkan kotoran koloid yang terbawa oleh air
Bentuk	Bak
Bahan	Beton bertulang
Volume air	451,127 m ³
Volume klarifier	541,353 m ³
Diameter	8,218 m ³
Waktu tinggal	5 jam
Over Design	20%

4. Saringan Pasir

Tabel 5 10 Spesifikasi Saringan Pasir

Spesifikasi Umum	
Nama alat	Saringan Pasir
Kode	SF
Fungsi	Menyaring partikel – partikel halus yang ada didalam sungai
Bentuk	Bak
Bahan	Beton bertulang
Kecepatan penyaringan	6,1112 m ³ /m ² jam
Luas aliran	13,978 m ²
Diameter	3,738 m ²

5. Bak Air Bersih

Tabel 5 11 Spesifikasi Bak Air Bersih

Spesifikasi Umum	
Nama alat	Bak Air Bersih
Kode	BAB
Fungsi	Menampung air bersih hasil penyaringan
Bentuk	Bak
Bahan	Beton bertulang
Volume bak	820,095 m ³
Panjang	24,800 m
Lebar	8,27 m
Waktu tinggal	8 jam
Over Design	20%

6. Bak Air Minum

Tabel 5 12 Spesifikasi Bak Air Minum

Spesifikasi Umum	
Nama alat	Bak Air Minum
Kode	BAM
Fungsi	Menampung air untuk kantor pelayanan dan perumahan
Bentuk Bak	persegi panjang
Bahan	Beton bertulang
Volume air	32,562 m ³
Volume bak	39,075 m ³
Panjang	5,413 m
Lebar	1,80 m
Waktu tinggal	24 jam
Over Design	20%

7. Menara Pendingin

Tabel 5 13 Spesifikasi Menara Pendingin

Spesifikasi Umum	
Nama alat	Menara Pendingin
Kode	CT
Fungsi	Mendinginkan suhu air dari 50°C sampai 30°C
Jenis	Menara Pendingin Jujut Tarik
Bahan	Beton bertulang
Flux volume	4,28 m ³ /m ² jam
Luas Penampang	148,588 m ²
Panjang	12,189 m
Lebar	12,189 m
Daya Penggerak	60 HP

8. Tangki Penukar Kation

Tabel 5 14 Spesifikasi Tangki Penukar Kation

Spesifikasi Umum	
Nama alat	Tangki Penukar Kation
Kode	TK
Fungsi	Menghilangkan mineral yang masih terkandung dalam air
Jenis	Tangki silinder tegak
Bahan	Baja karbon
Volume Resin	0,079 m ³
Diameter	0,465 m
Tinggi Resin	0,465 m
Tinggi Tangki	0,558 m
Over Design	20%

9. Tangki Penukar Anion

Tabel 5 15 Spesifikasi Tangki Penukar Anion

Spesifikasi Umum	
Nama alat	Tangki Penukar Anion
Kode	TA
Fungsi	Menghilangkan mineral yang masih terkandung dalam air
Jenis	Tangki silinder tegak
Bahan	Baja karbon
Volume Resin	0,025 m ³
Diameter	0,318 m
Tinggi Resin	0,318 m
Tinggi Tangki	0,382 m
Over Design	20%

10. Tangki NaCl

Tabel 5 16 Spesifikasi Tangki NaCl

Spesifikasi Umum	
Nama alat	Tangki NaCl
Kode	TNaCl
Fungsi	Melarutkan NaCl untuk regenerasi penukar kation
Jenis	Tangki silinder tegak
Bahan	Baja karbon
Volume Resin	0,079 m ³
Volume Tangki	0,061 m ³
Volume Larutan	0,051 m ³
Massa Air	48,283 kg
NaCl digunakan	2,541 kg
Diameter	0,402 m
Tinggi Tangki	0,402 m
Over Design	20%

11. Tangki NaOH

Tabel 5 17 Spesifikasi Tangki NaOH

Spesifikasi Umum	
Nama alat	Tangki NaOH
Kode	TNaOH
Fungsi	Melarutkan NaOH untuk regenerasi penukar kation
Jenis	Tangki silinder tegak
Bahan	Baja karbon
Volume Resin	0,025 m ³
Volume Tangki	0,019 m ³
Volume Larutan	0,016 m ³
Massa Air	15,450 kg
NaOH digunakan	0,813 kg
Diameter	0,275 m
Tinggi Tangki	0,275 m
Over Design	20%

12. Tangki Umpan Boiler

Tabel 5 18 Spesifikasi Tangki Umpan Boiler

Spesifikasi Umum	
Nama alat	Tangki Umpan Boiler
Kode	TBWF
Fungsi	Menyimpan air umpan boiler
Jenis	Tangki silinder horizontal
Bahan	Baja karbon
Volume air	4,377 m ³
Volume Tangki	5,252 m ³
Waktu Tinggal	8 jam
Diameter	1,31 m
Panjang Tangki	3,92 m
Over Design	20%

13. Tangki Kondensat

Tabel 5 19 Spesifikasi Tangki Kondensat

Spesifikasi Umum	
Nama alat	Tangki Kondensat
Kode	Tkondensat
Fungsi	Menyimpan air umpan boiler
Jenis	Tangki silinder tegak
Bahan	Baja karbon
Volume air	9,062 m ³
Volume Tangki	10,8744 m ³
Waktu Tinggal	1 jam
Diameter	1,66 m
Panjang Tangki	4,99 m
Over Design	20%

14. Kompresor Udara

Tabel 5 20 Spesifikasi Kompresor Udara

Spesifikasi Umum	
Nama alat	Kompresor Udara
Fungsi	Menekan udara
Jenis	Kompresor sentrifugal
P1	1 atm
P2	4 atm
Jumlah Stage	1
Daya Motor	0,5 HP
Suhu	30°C

15. Tangki Silika

Tabel 5 21 Spesifikasi Kompresor Udara

Spesifikasi Umum	
Nama alat	Tangki Silika
Fungsi	Menghilangkan uap air yang masih terkandung dalam udara
Jenis	Tangki Silinder Tegak
Bahan	Baja karbon
Massa Air Diserap	7,771 kg
Massa Silika Gel	388,579 kg
Volume Silika	0,323 m ³
Volume Tangki	0,388 m ³
Diameter	0,790 m
Over Design	20%

16. Tangki Udara Tekan

Tabel 5 22 Spesifikasi Tangki Udara Tekan

Spesifikasi Umum	
Nama alat	Tangki Udara Tekan
Fungsi	Menampung udara tekan selama 120 menit
Jenis	Tangki silinder horizontal
Tekanan	4 atm
Volume Tangki	1,12454 m ³
Diameter	1 m
Panjang	3 m

17. Boiler

Tabel 5 23 Spesifikasi Boiler

Spesifikasi Umum	
Nama alat	Boiler
Kode	Boiler
Fungsi	Menguapkan air menjadi steam
Jenis	Boiler Lorong api
Luas:	179,15 m ²
BBM diperlukan	368,667 liter/jam
Beban Panas Total	14.578 kJ/jam
Diameter Dalam Pipa (Id)	0,062 m
Diameter Luar Pipa (Od)	0,073 m
Panjang Pipa	0,3048 m

18. Dowtherm

Spesifikasi Umum	
Luas Transfer Panas, ft ²	2,6514E+11 ft ²
<i>Cold Fluid</i>	Dowtherm
ID Shell, in	31 in
OD, Tube, in	1,25
ID Tube, in	0,782
Jumlah Tube	220
UD, Btu/ft ² .F.jam	125
<i>Dirt Factor</i>	0,014
Pressure Drop Shell, psi	16,1794
Pressure Drop Tube, psi	7,78513E+18

18. Spesifikasi Pompa Utilitas

Tabel 5 24 Spesifikasi Pompa Utilitas

Spesifikasi Umum						
Nama alat	Pompa Utilitas 1	Pompa Utilitas 2	Pompa Utilitas 3	Pompa Utilitas 4	Pompa Utilitas 5	Pompa Utilitas 6
Kode	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05	PU-06
Fungsi	Memompa air sungai ke bak pengendap awal	Memompa air dari bak ke bak klarifier pengendap awal	Memompa air dari klarifier ke saringan pasir	Memompa air dari bak air bersih ke tendon air	Memompa air dari bak air bersih ke cooling tower	Memompa air dari tangki umpan boiler ke boiler
Jenis	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal
Massa air,kg/jam	94.263,2 kg/jam	89.774,4 kg/jam	89.846,545 kg/jam	85.091,948 kg/jam	80.951,875 kg/jam	632459,4 kg/jam
Kecepatan Volume Fluida, m ³ /s	0,026 m ³ /s	0.02634 m ³ /s	0.0237 m ³ /s	0.02376 m ³ /s	0,022m ³ /s	0,176 m ³ /s
Kecepatan Aliran, m/s	2,026 m/s	1,344 m/s	1,274 m/s	1,274 m/s	1,212m/s	3,470 m/s
Diameter Dalam Pipa (Id),m	0,128 m	0,154 m	0,154 m	0,154 m	0,154 m	0,254 m
Diameter Luar Pipa (Od),m	0,143 m	0,168 m	0,168 m	0,168 m	0,168 m	0,273 m
Luas Aliran,m ²	0,012 m ²	0,018 m ²	0,018 m ²	0,018 m ²	0,01864 m ²	0,050 m ²
Efisiensi Motor,%	23%	65%	81%	80%	84%	88%
Power Pompa	29,401 HP	20,517 HP	3,082 HP	0,714 HP	11,247 HP	168,2 HP
Power Motor standart	25 HP	15 HP	2 HP	0,5 HP	10 HP	150 HP

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

6.1 Evaluasi Ekonomi

Dalam pra-rancangan pabrik ini diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi pabrik, dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan dan layak atau tidak untuk didirikan.

Dalam evaluasi ekonomi ini faktor-faktor yang ditinjau adalah:

1. *Return On Investment* (ROI)
2. *Pay Out Time* (POT)
3. *Discounted Cash Flow Rate* (DFCR)
4. *Break Even Point* (BEP)
5. *Shut Down Point* (SDP)

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

1. Penentuan modal industri (*Total Capital Investment*)
Meliputi:
 - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)
 2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*)
Meliputi:
 - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)
 3. Pendapatan modal
- Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap:
- a. Biaya tetap (*Fixed Cost*)
 - b. Biaya variabel (*Variable Cost*)
 - c. Biaya mengambang (*Regulated Cost*)

6.2 Penaksiran Harga Alat

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

Pabrik Asam Akrilat beroperasi selama satu tahun produksi yaitu 330 hari dan tahun evaluasi pada tahun 2028. Di dalam analisa ekonomi harga-harga alat maupun harga- harga lain diperhitungkan pada tahun analisa. Untuk mencari harga pada tahun analisa, maka dicari indeks pada tahun analisa. Harga indeks tahun 2028 diperkirakan secara garis besar dengan data indeks dari tahun 1972 sampai 2000 dan ditentukan dengan persamaan regresi linier.

Untuk memperkirakan harga alat ,ada dua persamaan pendekatan yang dapat digunakan.harga pada tahu pabrik di dirikan dapat ditentukan berdasarkan harga pada tahun referensi dikalikan dengan rasio indeks harga.

(Aries & Newton,1995)

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

(6.1)

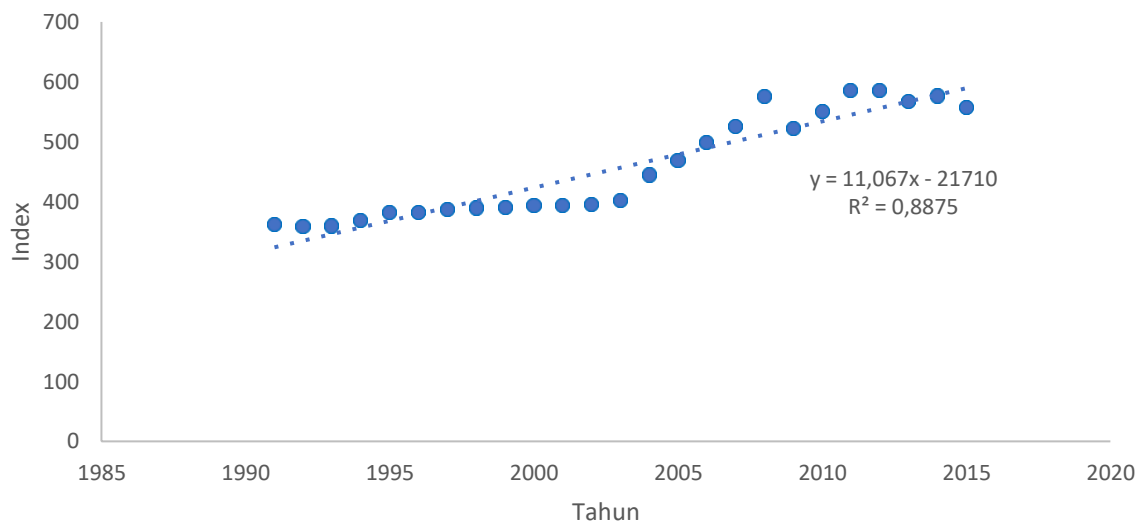
Dimana :

E_x : Harga pembelian pada tahun

E_y : Harga pembelian pada tahun referensi

N_x : Index harga pada tahun

N_y : Index harga pada tahun referensi



Gambar 6 1 Grafik Indeks Harga Alat

Persamaan yang diperoleh dari grafik yang tertera adalah adalah:

$$y = 11,067x - 21.710$$

Dengan menggunakan persamaan di atas dapat dicari nilai CEP indeks pada tahun referensi dan perancangan,sehingga nilai CEP indeks pada tahun referensi 2014 adalah 576,100.Sementara nilai CEP pada tahun perancangan 2028 sebesar

711,742. Berdasarkan nilai CEP indeks indeks tersebut ,dapat ditentukan harga alat proses dan alat utilitas sebagai berikut :

Tabel 6 1 Harga Alat Proses

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY	EX
				2014	2027	2014	2027
1	Tangki propilen	T-01	1	576,10	733,88	\$ 28.000,00	\$ 35.668
2	Tangki Asam Akriolat	T-02	1	576,10	733,88	\$ 5.000,00	\$ 6.369
3	Tangki Udara	T-03	1	576,10	733,88	\$ 5.000,00	\$ 6.369
4	akumulator	AC-01	1	576,10	733,88	\$ 4.900,00	\$ 6.242
5	Menara Distilasi	MD-01	1	576,10	733,88	\$ 78.000,00	\$ 99.362
6	Kompresor	K-01	1	576,10	733,88	\$ 180.330,00	\$ 229.717
7	Kondensor parsial	CDP-01	1	576,10	733,88	\$ 85.700,00	\$ 109.171
8	Kondensor	CD-01	1	576,10	733,88	\$ 89.700,00	\$ 114.266
9	Reaktor	R-01	1	576,10	733,88	\$ 507.400,00	\$ 646.361
10	Separator	SP-01	1	576,10	733,88	\$ 5.700,00	\$ 7.261
11	Separator	SP-02	1	576,10	733,88	\$ 28.900,00	\$ 36.815
12	Reboiler	RB-01	1	576,10	733,88	\$ 23.800,00	\$ 30.318
13	waste heat boiler	WHB	1	576,10	733,88	\$ 18.700,00	\$ 23.821
14	Vaporizer	V-01	1	576,10	733,88	\$ 3.300	\$ 4.204
15	Cooler	CL-01	1	576,10	733,88	\$ 18.000,00	\$ 22.930
16	Heater	HE-01	1	576,10	733,88	\$ 243.200,00	\$ 309.805
17	Heater	HE-02	1	576,10	733,88	\$ 17.200,00	\$ 21.911
18	Pompa	P-1	1	576,10	733,88	\$ 27.900,00	\$ 71.082
19	Pompa	P-2	1	576,10	733,88	\$ 13.700,00	\$ 34.904
20	Pompa	P-3	1	576,10	733,88	\$ 26.400,00	\$ 67.260
21	Pompa	P-4	1	576,10	733,88	\$ 26.400,00	\$ 67.260
Total			38			\$1.430.944,00	\$1.942.550,05

Tabel 6 2 Harga Alat Utilitas

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY	EX
				2019	2027	2019	2027
1	Saringan Pasir	FU-01	1	634,27	733,88	\$ 5.900	\$ 6.827
2	Bak Pengendap	BU-01	1	634,27	733,88	\$ 2.470	\$ 2.858
3	Bak Pencampur Cepat	BU-02	1	634,27	733,88	\$ 8.000	\$ 9.256
4	Bak air Bersih	BU-03	1	634,27	733,88	\$ 6.700	\$ 7.752
5	Bak air minum	BU-04	1	634,27	733,88	\$ 6.700	\$ 7.752
6	Clarifier	BU-05	1	634,27	733,88	\$ 26.890	\$ 31.113
7	Cooling Tower	CT-01	1	634,27	733,88	\$ 97.200	\$ 112.464
8	Tangki Kondesat	TU-01	1	634,27	733,88	\$ 3.300	\$ 3.818
9	Tangki Silika	TU-02	1	634,27	733,88	\$ 11.499	\$ 13.304
10	Tangki Downterm	TU-03	1	634,27	733,88	\$ 86.800	\$ 98.916
11	Tangki Udara	TU-04	1	634,27	733,88	\$ 13.600	\$ 15.736
12	Tangki umpan Boiler	TU-05	1	634,27	733,88	\$ 54.814	\$ 64.392
13	Pompa 1	PU-01	2	634,27	733,88	\$ 3.900	\$ 4.512
14	Pompa 2	PU-02	2	634,27	733,88	\$ 3.900	\$ 4.512
15	Pompa 3	PU-03	2	634,27	733,88	\$ 2.700	\$ 3.124
16	Pompa 4	PU-04	2	634,27	733,88	\$ 1.500	\$ 1.736
17	Pompa 5	PU-05	2	634,27	733,88	\$ 1.500	\$ 1.736
18	Pompa 6	PU-06	2	634,27	733,88	\$ 1.500	\$ 1.736
19	Pompa 7	PU-07	2	634,27	733,88	\$ 1.500	\$ 1.736
20	Pendingin Dowtherm	D-01	1	634,27	733,88	\$ 2.845	\$ 3.242
21	Penukar kation	PK-01	2	634,27	733,88	\$ 3.905	\$ 9.036
22	Penukar anion	PA-01	2	634,27	733,88	\$ 3.905	\$ 9.036
23	Boiler	BO-01	1	634,27	733,88	\$ 511.594	\$ 600.995
24	Kompresor udara	K-01	1	634,27	733,88	\$ 5.400	\$ 6.248
25	Tangki Bahan Bakar	TU-06	1	634,27	733,88	\$ 182.712	\$ 214.641
26	Tangki bahan bakar generator	TU-07	1	634,27	733,88	\$ 64.000	\$ 74.050
	Jumlah		33			\$ 1.128.222	\$ 1.331.183

6.3 Dasar Perhitungan

Kapasitas produk Asam Akrilat	= 69.000 ton/tahun
Satu tahun operasi	= 330 hari
Umur pabrik	= 10 tahun
Pabrik didirikan pada tahun	= 2028
Kurs mata uang tahun 2023	= 1 US\$ = Rp 15.225

6.4 Perhitungan Biaya

1. *Capital Investment*

Capital Investment adalah banyaknya pengeluaran-pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya. *Capital Investment* terdiri dari:

a. *Fixed Capital Investment*

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

b. *Working Capital Investment*

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

2. *Manufacturing Cost*

Manufacturing Cost merupakan jumlah *Direct*, *Indirect* dan *Fixed Manufacturing Cost*, yang bersangkutan dalam pembuatan produk. Menurut *Aries & Newton* tabel 23, *Manufacturing Cost* meliputi:

a. *Direct Cost*

Direct Cost adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

b. Indirect Cost

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

c. Fixed Cost

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

3. General Expense

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

6.4 Analisa Kelayakan

Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial atau tidak, maka dilakukan suatu analisa atau evaluasi kelayakan. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan adalah :

1. Percent Return On Investment (ROI)

Return On Investment adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan.

$$ROI = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Fixed Capital}} \times 100\% \tag{6.2}$$

Keuntungan di hitung berdasarkan penjualan tahunan atau *Annual Sales* (Sa) dan total *Manufacturing Cost*. *Finance* akan dihitung sebagai komponen yang berisi pengembalian hutang selama pembangunan pabrik. *Finance* akan berkontribusi terhadap *cash flow* dari pabrik. Pabrik dengan resiko yang cenderung rendah mempunyai minimum ROI *before tax* sebesar 11% sedangkan pabrik dengan resiko tinggi mempunyai nilai minimum ROI *before tax* sebesar 44%.

2. Pay Out Time (POT)

Pay Out Time (POT) adalah:

- a. Jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *Capital Investment* dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.
- b. Waktu minimum teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan.
- c. Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.
- d. Pabrik dengan resiko rendah mempunyai nilai POT maksimal 5 tahun, sedangkan pabrik dengan resiko tinggi mempunyai nilai POT maksimal 2 tahun.

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{Profit} + \text{Depresiasi})} \quad (6.3)$$

3. Break Even Point (BEP)

Break Even Point (BEP) adalah:

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

$$BEP = \frac{(Fa + 0,3Ra)}{(Sa - Va - 0,7Ra)} \quad (6.4)$$

Dalam hal ini :

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

4. *Shut Down Point (SDP)*

Shut Down Point (SDP) adalah:

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

$$SDP = \frac{(0,3 Ra)}{(Sa - Va - 0,7 Ra)} \times 100\% \quad (6.5)$$

5. Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR)

Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR) adalah:

1. Analisa kelayakan ekonomi dengan menggunakan DCFR dibuat dengan menggunakan nilai uang yang berubah terhadap waktu dan dirasakan atau investasi yang tidak kembali pada akhir tahun selama umur pabrik.
2. Laju bunga maksimal dimana suatu proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.
3. Merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik.

Persamaan untuk menentukan DCFR :

$$(FC+WC)(I+i)^N = C \sum_{n=0}^{n=N-1} (I+i)^N + WC + SV \quad (6.6)$$

Dimana:

FC : *Fixed capital*

SV : *Salvage value*

C : *Cash flow: profit after taxes + depresiasi + finance*

I : Nilai DCFR

WC : *Working capital*

N : Umur pabrik = 10 tahun

6.5 Hasil Perhitungan

Pendirian pabrik asam akrilat ini memerlukan perencanaan keuangan dan analisis yang baik untuk meninjau apakah layak atau tidaknya pabrik ini didirikan. Hasil perhitungan di sajikan pada Tabel 6.2 sampai dengan Tabel 6.13

Tabel 6 3 *Physical Plant Cost (PPC)*

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	\$ 3.273.733,39	\$ 3.571.348,96
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	\$ 818.433,35	\$ 892.837,24
3	Instalasi cost	\$ 630.380,93	\$ 688.079,90
4	Pemipaan	\$ 814.173,19	\$ 888.373,05
5	Instrumentasi	\$ 836.371,69	\$ 912.479,66
6	Insulasi	\$ 140.441,73	\$ 153.270,39
7	Listrik	\$ 491.060,01	\$ 535.702,34
8	Bangunan	\$ 3.357.963,88	\$ 6.914.802,63
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	\$ 6.268.472,91	\$ 3.446.492,17
<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>		Rp 253.207.447.900,88	\$ 16.631.031,06

Tabel 6 4 *Direct Plant Cost (DPC)*

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Teknik dan Konstruksi	Rp 54.180.920.806	\$ 3.558.681,17
Total (DPC + PPC)		Rp1.354.523.020.162	\$ 88.967.029,24

Tabel 6 5 *Capital Investement (FCI)*

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Direct Plant Cost</i>	\$ 88.967.029,24	\$ 21.604.063,62
2	<i>Cotractor's fee</i>	\$ 3.558.681,17	\$ 864.162,54
3	<i>Contingency</i>	\$ 8.896.702,92	\$ 2.160.406,36
<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>		Rp1.544.156.242.984,49	\$ 101.422.413,33

Tabel 6 6 *Working Capital Investement (WCI)*

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp 1.787.929.605.000,00	\$117.433.800,00
2	<i>Inproses Onventory</i>	Rp 21.750.000.000,00	\$1.428.571,43
3	<i>Product Inventory</i>	Rp 2.175.000.000,00	\$142.857,14
4	<i>Extended Credit</i>	Rp 30.883.124.859,69	\$2.028.448,27
5	<i>Available Cash</i>	Rp 4.632.468.728,95	\$304.267,24
	<i>Working Capital (WC)</i>	Rp 209.579.737.500,00	\$13.765.500,00

Tabel 6 7 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	Rp1.787.929.605.000,0	\$ 117.433.800,00
2	<i>Labor</i>	Rp21.750.000.000,00	\$ 1.428.571,43
3	<i>Supervision</i>	Rp2.175.000.000,00	\$ 142.857,14
4	<i>Maintenance</i>	Rp30.883.124.859,69	\$ 2.028.448,27
5	<i>Plant Supplies</i>	Rp4.632.468.728,95	\$ 304.267,24
6	<i>Royalty and Patents</i>	Rp209.579.737.500,00	\$ 13.765.500,00
7	<i>Utilities</i>	Rp43.532.461.498,77	\$ 2.859.274,98
	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp2.100.482.397.587,4	\$ 137.962.719,05

Tabel 6 8 *Indirect Manufacturing Cost (IMC).*

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp 3.262.500.000	\$ 214.285,71
2	<i>Laboratory</i>	Rp 2.175.000.000	\$ 142.857,14
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp 10.875.000.000	\$ 714.285,71
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp 209.579.737.500	\$ 13.765.500,00
	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp 225.892.237.500	\$ 14.836.928,57

Tabel 6 9 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp 154.415.624.298,45	\$ 10.142.241,33
2	<i>Propertu taxes</i>	Rp 30.883.124.859,69	\$ 2.028.448,27
3	<i>Insurance</i>	Rp 15.441.562.429,84	\$ 1.014.224,13
	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp 200.740.311.587,98	\$ 13.184.913,73

Tabel 6 10 *General Expense* (GE)

No	<i>Type of Expenses</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Administration</i>	Rp 151.626.896.800,52	\$ 9.959.073,68
2	<i>Sales Expense</i>	Rp 555.965.288.268,59	\$ 36.516.603,50
3	<i>Research</i>	Rp 202.169.195.734,03	\$ 13.278.764,91
4	<i>Finance</i>	Rp 78.326.671.657,00	\$ 5.144.608,98
<i>General Expenses(GE)</i>		Rp 988.088.052.460,14	\$ 64.899.051,06

Tabel 6 11 Analisa Keuntungan

No	<i>Type of Expense</i>	Biaya (Rp)
1	Total Penjualan	Rp. 4.191.594.750.000
2	Total <i>Production Cost</i>	Rp. 3.515.202.999.136
3	Keuntungan Sebelum Pajak	Rp. 676.391.750.864
4	Keuntungan Setelah Pajak	Rp. 527.585.565.674

6.6 Hasil Analisa Kelayakan

Penjualan :

1. Asam Akrilat

Produksi = 69.000 Kg/Tahun

Harga jual = Rp 60.747/Kg

(www.alibaba.com)

Total penjualan = Rp. 4.191.594.750.000/Tahun

Pajak = 20%

Biaya pajak = Rp.148.806.185.190

Keuntungan setelah pajak = Rp. 92.017.699.497

Pajak ditentukan sebesar 20% dari peraturan pemerintah tentang pajak pendapatan.

<http://perpajakan.ddtc.co.id/peraturan-pajak>

A. *Return on Investement (ROI)*

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

ROI sebelum pajak = 44 %

ROI setelah pajak = 34,17%

B. *Pay Out Time (POT)*

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{Keuntungan Tahunan} + \text{Depresiasi})} \times 100\%$$

POT sebelum pajak = 2 Tahun

POT setelah pajak = 2,3Tahun

Table 6.1 *Annual Fixed Cost (Fa)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp154.415.624.298	\$10.142.241,33
2	<i>Property taxes</i>	Rp30.883.124.860	\$2.028.448,27
3	<i>Insurance</i>	Rp15.441.562.430	\$1.014.224,13
<i>Fixed Cost (Fa)</i>		Rp200.740.311.588	\$13.184.913,73

Table 6.2 *Regulated Cost (Ra)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Gaji Karyawan</i>	Rp21.750.000.000	\$1.428.571,43
2	<i>Payroll Overhead</i>	Rp3.262.500.000	\$214.285,71
3	<i>Supervision</i>	Rp2.175.000.000	\$142.857,14
4	<i>Plant Overhead</i>	Rp10.875.000.000	\$714.285,71
5	<i>Laboratorium</i>	Rp2.175.000.000	\$142.857,14
6	<i>General Expense</i>	Rp988.088.052.460	\$64.899.051,06
7	<i>Maintenance</i>	Rp30.883.124.860	\$2.028.448,27
8	<i>Plant Supplies</i>	Rp4.632.468.729	\$304.267,24
<i>Regulated Cost (Ra)</i>		Rp1.063.841.146.049	\$69.874.623,71

Table 6.3 *Variabel Cost (Va)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw material</i>	Rp1.787.929.605.000	\$117.433.800,00
2	<i>Packaging & shipping</i>	Rp209.579.737.500	\$13.765.500,00
3	<i>Utilities</i>	Rp43.532.461.499	\$2.859.274,98
4	<i>Royalties and Patents</i>	Rp209.579.737.500	\$13.765.500,00
<i>Variable Cost (Va)</i>		Rp2.250.621.541.499	\$147.824.074,98

Dari tabel diatas dapat disimpulkan :

C. *Break Event Point (BEP)*

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

$$BEP = 43,46\%$$

D. *Shut Down Point (SDP)*

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

$$SDP = 26,68\%$$

E. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)*

Umur pabrik = 10 tahun

FCI = Rp1.544.156.242.984

Working Capital = Rp414.010.548.440

Salvage Value (SV) = Rp154.415.624.298

Cash Flow (CF) = Annual Profit + Depresiasi + Finance
= Rp760.327.861.630

$$n=N-1$$

$$(FC + WC)(I + i)^N = C \sum_{n=0}^{n=N-1} (I + i)^N + WC + SV. \quad (6.7)$$

$$n=0$$

R = S

Dengan *trial & error* diperoleh nilai $i = 33,15\%$

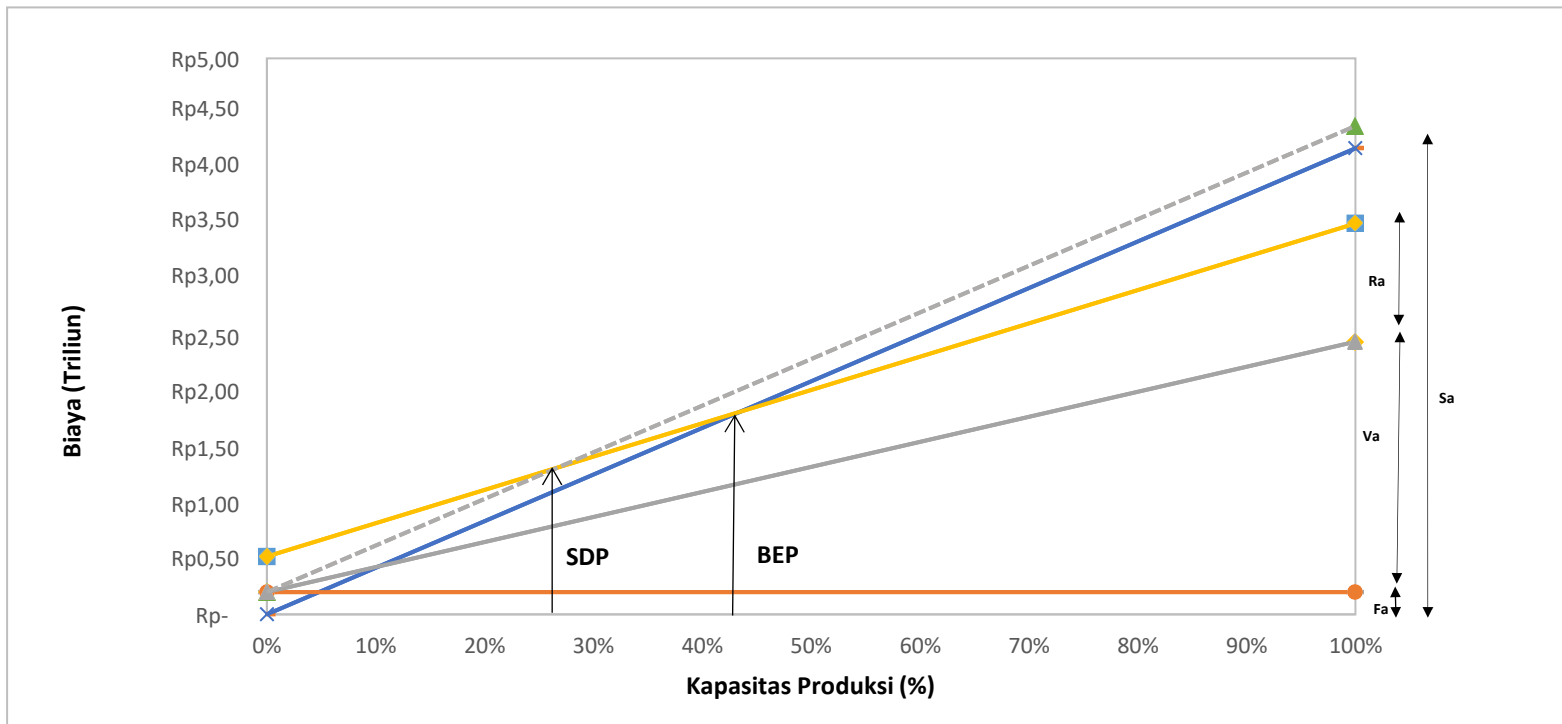
Suku bunga Bank Indonesia untuk bulan September yaitu $3,58\%$

(Kontan.co.id)

Table 6.4 Analisa Kelayakan

Parameter	Terhitung	Pernyataan	Kriteria
ROI sebelum pajak	44%	Pabrik <i>High Risk</i> Minimal 44% Pabrik <i>Low Risk</i> Minimal 11%	Memenuhi (Karena pabrik yang didirikan termasuk <i>High Risk</i> , ditinjau juga dari kondisi operasi yang digunakan)
ROI setelah pajak	34%		
POT sebelum pajak	2 tahun	Pabrik <i>High Risk</i> Maximal 2 tahun Parik <i>Low</i> minimal 5 tahun	Memenuhi (Karena pabrik yang didirikan termasuk <i>High Risk</i> , ditinjau juga dari kondisi operasi yang digunakan)
POT setelah pajak	2,3 tahun		
BEP	43,46 %	40 - 60 %	Memenuhi
SDP	26,68 %	20 - 30 %	Memenuhi
DCFR	33,4 %	<i>Interest</i> = 1,5 x bunga simpanan bank 5,37%)	Memenuhi

Hasil kalkulasi kelayakan ekonomi pendirian Pabrik Asam Akrilat dari Propilen dan Udara dapat di pahami melalui grafik *Break Event Point* berikut :



Gambar 6 2 Gambar Analisa Ekonomi



6.7 Resiko Pabrik

Suatu pabrik harus dilihat risikonya apakah pabrik beresiko tinggi (*High Risk*) atau beresiko rendah (*Low Risk*). Resiko pabrik dapat ditinjau dari berbagai parameternya yang dapat dilihat dari table 6.16. Analisa Resiko Pabrik

Tabel 6 12 Analisa Resiko Pabrik

No	Parameter Resiko	Deskripsi	Risk	
			Low	High
1	Kondisi Operasi	Suhu maksimal yang digunakan 256°C		√
		Tekanan maksimal yang digunakan 12,9 atm		√
2	Bahan baku Yang digunakan			
	Propilen	Toksisitas : Irritant		√
		Explosion Limits : lower 2,0% upper 11,1 %	√	
		Flamability : Cairan dan uap yang mudah terbakar		√
Stabilitas : tidak stabil pada suhu kamar		√		
3	Sifat produk yang dihasilkan			
	Asam Akrilat	Toksisitas : irritant		√
		Explosion Limits : lower 2% upper 13,7 %	√	
		Flamability : Cairan dan uap mudah terbakar		√
Stabilitas : Stabil di suhu kamar	√			

4	Regulasi pemerintah	<p>Keputusan Menteri Kesehatan Indonesia Nomor 1405/MENKES/SK/XI/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri Dan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor Per.13/MEN/X/2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja</p> <p>Menetapkan</p> <p>Baku mutu emisi atau nilai ambang batas (NAB) untuk : CO = 29 mg/m³ CO₂ = 9000 mg/m³</p> <p>Kebijakan pemerintah dalam bidang investasi, pemerintah masih membuka kesempatan investasi bagi industri asam asetat di Indonesia. Hal ini terlihat dalam Daftar Negatif Investasi (DNI) yang tertuang dalam Perpres No.44 tahun 2016 Bahwa asam asetat tidak termasuk dalam bidang usaha yang tertutup mutlak bagi penanam modal, sehingga masih terbuka peluang investasi untuk PMDN maupun PMA</p>	√	
5	Keberadaan Pabrik	Pabrik asam akrilat dari propilen sudah didirikan di Indonesia yaitu : PT. Nippon Shioukuba di Cilegon, Banten kapasitas 240.000 ton/tahun	√	

Melihat parameter pada table 6.12, maka pabrik asam akrilat dikategorikan sebagai pabrik dengan resiko tinggi (*High Risk*)

BAB VII PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan perancangan pabrik Asam Akrilat melalui proses oksidasi propilen dengan kapasitas 69.000 ton/tahun baik ditinjau secara teknis maupun ekonomi, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pabrik Asam Akrilat berbentuk Perseroan Terbatas (PT) didirikan di kawasan industri, Tangerang, Banten dengan luas tanah keseluruhan 12.725 m² dan jumlah karyawan 160 orang.
2. Dari segi evaluasi ekonomi serta analisis kelayakan, pabrik ini cukup menarik dan layak untuk didirikan dengan beberapa parameter kelayakan sebagai berikut:

a. *Return On Investment* (ROI)

ROI sebelum pajak = 44 %

ROI setelah pajak = 34,17%

b. *Pay Out Time* (POT)

POT sebelum pajak = 2 Tahun

POT setelah pajak = 2,3Tahun

Syarat POT maksimum sebelum pajak untuk pabrik dengan resiko rendah adalah 5 tahun.

c. *Break Event Point* (BEP) = 43,46% %

Nilai BEP untuk pabrik pada umumnya berada pada rentang 40% - 60%.

d. *Shut Down Point* (SDP) = 26,68% %

Nilai SDP pada umumnya berkisar lebih dari 20%.

e. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) = 33,4%

Syarat minimum DCFR adalah di atas suku bunga pinjaman bank yaitu sekitar 1,5 kali suku bunga pinjaman bank.

Dengan pertimbangan hasil di atas, maka pabrik Asam Akrilat dari Propilen dan Udara dengan kapasitas 69.000 ton/tahun layak dari aspek teknis dan menarik untuk dikaji lebih lanjut.

7.2 Saran

Dalam perancangan pabrik kimia diperlukan pengetahuan dan pemahaman yang didukung dengan adanya referensi dan pranalar lain yang berhubungan dengan konsep dasar pendirian suatu pabrik. Mempelajari lebih dalam akan seluruh konsep tersebut harapannya akan menjadikan produk Asam Akrilat dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan ekspor keluar negeri di masa yang akan mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S., and Newton, R.D., 1955, Chemical Engineering Cost Estimation, Mc Graw Hill Handbook Co., Inc., New York
- Brown, G.G., Donal Katz, Foust, A.S., and Schneidewind, R., 1978, Unit Operation, Modern Asia Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York
- Brownell, L.E., and Young, E.H., 1959, Process Equipment Design, John Wiley and Sons, Inc., New York Coulson, J.M., and Richardson, J.F., 1983, Chemical Engineering, Vol 1 \$ 6, Pergamon Internasional Library, New York
- Fromment, F.G., and Bischoff, B.K., 1979, Chemical Reactor Analysis and Design, John Wiley and Sons, Inc., New York
- Holman, J., 1981, Heat Transfer, Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York
- Kern, D.Q., 1983, Process Heat Transfer, Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York
- Levenspiel, O., 1972, Chemical Reaction Engineering, 2nd ed., John Wiely and Sons, Inc., New York
- Ludwig, E.E., 1964, Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants, Gulf Publishing, Co., Houston
- Mc Cabe, Smith, J.C., and Harriot, 1985, Unit Operation of Chemical Engineering, 4 th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York
- Perry, R.H., and Green, D.W., 1986, Perry's Chemical Engineer's Handbook, 6th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York

Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D., 1990, Plant Design and Economics for
Chemical Engineers, 3rd Ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York

Peters, M.S., Klaus D. Timmerhaus and Ronald E. West., 2004, Plant Design and
Economics for Chemical Engineer, 5th Ed., Mc.Graw-Hill., Singapore

Prasad, Krisna, P.V.R and Kumar, Prem.M., 2008, Manufacture Acrylic Acid by
Oxidation Propylene., S.R.M University

Rase, H.F., and Barrow, H.W., 1957, Project Engineering of Process Plant., John
Wiley and Sons., Inc., New York

Smith, J.M., Ness, Van H.C., Abbott, M.M., 2001, Introduction to Chemical
Engineering Thermodynamics, 6rd Ed., Mc.Graw-Hill Inc., Singapore.

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

Ulrich, G. D., 1984, A Guide to Chemical Engineering Process Design and
Economics., John Wiley and Sons., Inc., New York

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

LAMPIRAN A
PERANCANGAN REAKTOR-01

LAMPIRAN

PERANCANGAN REAKTOR

A. Perancangan Reaktor

Jenis	: Fixed Bed Multitube Reaktor
Fungsi	: Tempat terjadinya oksidasi propilen dan oksigen menjadi asam akrilat
Fase	: Gas - Cair
Kondisi Operasi	
Suhu	: 230,15 °C
Tekanan	: 5 atm
Konversi 1	: 91%
Konversi 2	: 3,92%
Konversi Total	: 94,92%
Reaksi	: Eksotermis, non adiabatik, non isothermal
Tujuan Perancangan	: 1. Menentukan jenis reaktor 2. Menghitung neraca massa 3. Menghitung neraca panas 4. Perancangan reactor

B. Penentuan Reaktor

1. Jenis reaktor

Menurut Hill (1977), pemilihan reaktor jenis fixed bed multitube dengan pertimbangan sebagai berikut:

- Zat pereaksi berupa fase gas dengan katalis padat.
- Reaksi berlangsung eksotermis sehingga membutuhkan luas perpindahan panas yang besar agar terjadi kontak dengan pendingin optimal.
- Tidak memerlukan pemisahan katalis dari gas keluaran reaktor.
- Umur katalis panjang 12 – 15 bulan.

- Pengendalian suhu relatif mudah karena menggunakan tipe shell and tube.
- Konstruksi reaktor fixed bed multitube lebih sederhana dibandingkan dengan reaktor fluidized bed sehingga biaya pembuatan, operasional, dan perawatan relatif murah.

2. Menentukan Jenis Pendingin

Pendingin yang digunakan adalah Dowtherm A karena mempunyai range suhu Pendingin dari 15– 400 °C.

3. Menentukan Jenis Katalis

- Bahan Katalis : V_2O_5 dan TiO_2
- Diameter : 0,15 m
- Bulk density : 1100 kg/m^3
- Porositas : 0,3

2. Neraca Massa Reaktor (R-01)

Tabel 1. Neraca Massa Reaktor 1

Komponen	Massa Input (kg/jam)	Massa Output (kg/jam)
N ₂	48065,356	48065,356
O ₂	14602,133	7988,959
CO ₂	0,000	0693,213
C ₃ H ₆	5634,766	281,7383
C ₃ H ₈	296,567	0296,567
H ₂ O	3448,763	5931,459
C ₃ H ₄ O ₂	0,000	8790,294
TOTAL	72047,586	72047,586

3. Menentukan Persamaan Laju Reaksi

Menurut Analysis Synturton (2009), data percobaan persamaan laju reaksi dapat dituliskan sebagai berikut :

$$-r_i = k_{o,i} \cdot \exp \left[\frac{-E_i}{RT} \right] P_{propylene} P_{oxygen} \quad (7.1)$$

$$k_{reaksi 1} = 1.59e2 \cdot \exp(-15000./ 1.987./ Tg); \quad (7.2)$$

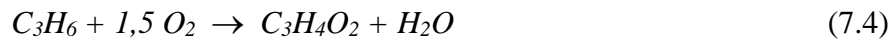
$$= 0,91 \text{ kcal/m}^3\text{reaktor/h/(kPa)}^2$$

$$k_{reaksi 2} = 8.83e2 \cdot \exp(-20000./ 1.987 ./ Tg); \quad (7.3)$$

$$= 0,039 \text{ kcal/m}^3\text{reaktor/h/(kPa)}^2$$

Keterangan : -ri	= kecepatan reaksi
Ko	= faktor tumbukan
R	= konstanta gas (8,314 kj/kmolK)
T	= temperature (K)
Ei	= energi aktivasi (kJ/kmol)
P	= tekanan (bar)

Adapun reaksi yang terjadi didalam reactor sebagai berikut :



4. Perancangan Reaktor

4.1. Spesifikasi Katalis

- Bahan Katalis : V_2O_5 dan TiO_2
- Diameter : 0,15 m
- Bulk density : 1100 kg/m^3
- Porositas : 0,3

4.2 Menghitung Neraca Massa

Komponen	Mr	INPUT	OUTPUT
		kg/jam	kg/jam
N ₂	28	48065,356	48065,356
O ₂	32	14602,133	7988,959
CO ₂	44	0,000	0693,213
C ₃ H ₆	42,06	5634,766	281,7383
C ₃ H ₈	44,08	296,567	0296,567
H ₂ O	18,02	3448,763	5931,459
C ₃ H ₄ O ₂	72,04	0,000	8790,294
TOTAL		72047,586	72047,586

4.2.1 Persamaan – persamaan Matematis Reaktor

a. Neraca massa reaktor

Dihitung dengan menggunakan neraca massa komponen yang terlibat dalam reaksi. Persamaan laju reaksi pada reaksi ini mengikuti persamaan laju reaksi orde 2.

Reaksi berlangsung dalam keadaan steady state dalam reaktor setebal ΔZ dengan konversi x .

b. Neraca massa untuk C₃H₄O₂ dalam elemen volume Δv

Neraca massa C₃H₄O₂ pada elemen volume :

$$\text{Input} - \text{Output} + \text{Yang bereaksi} = 0$$

$$\text{Pada keadaan tunak, Akumulasi} = 0$$

$$\text{Misal } : c = \text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2$$

$$\text{Input} - \text{Output} + \text{Yang bereaksi} = 0$$

$$F_c|_z - F_c|_{z+\Delta z} + (-rc) \Delta v = 0 \quad (7.6)$$

$$F_c|_z + F_c|_{z+\Delta z} = -(-rc) + \Delta z \quad (7.7)$$

$$-\frac{dF_c}{dz} = -(-rc)$$

$$\Delta V = \pi \cdot \frac{ID^2}{4} \cdot z$$

$$F_c|_z - F_c|_{z+\Delta z} + (-rc) \cdot \pi \cdot \frac{ID^2}{4} \cdot \Delta z = 0 \quad (7.8)$$

$$\frac{F_c|_z - F_c|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = -(-rc) \cdot \pi \cdot \frac{ID^2}{4}$$

$$-\frac{dF_c}{dz} = -rc \cdot \pi \cdot \frac{ID^2}{4}$$

$$\text{Dimana : } F_c = -F_{c0} (1 - x_1)$$

$$\Delta F_c = F_{c0} \cdot \Delta x_1$$

$$F_{c0} \cdot \frac{\Delta x_1}{\Delta z} = -rc \cdot \pi \cdot \frac{ID^2}{4F_{c0}}$$

$$\frac{\Delta x_1}{\Delta z} = -rc \cdot \pi \cdot \frac{ID^2}{4F_{c0}}$$

$$\text{Lim } \Delta z \rightarrow 0$$

$$\frac{dx_1}{dz} = -rc \cdot \pi \cdot \frac{ID^2}{4F_{c0}} \quad (7.9)$$

c. Neraca massa untuk CO₂ dalam elemen volume Δv

Neraca massa CO₂ pada elemen volume :

$$\text{Input} - \text{Output} + \text{Yang bereaksi} = 0$$

$$\text{Pada keadaan tunak, Akumulasi} = 0$$

$$\text{Misal : h} = \text{CO}_2$$

$$\text{Input} - \text{Output} + \text{Yang bereaksi} = 0$$

$$F_h|_z - F_h|_{z+\Delta z} + (-rh) \Delta v = 0 \quad (7.10)$$

$$F_h|_z + F_h|_{z+\Delta z} = -(-rh) + \Delta z \quad (7.11)$$

$$-\frac{dFh}{dz} = -(-rh) \quad (7.12)$$

$$\Delta V = \pi \cdot \frac{ID^2}{4} \cdot z \quad (7.13)$$

$$Fh|_z - Fh|_{z+\Delta z} + (-rh) \cdot \pi \cdot \frac{ID^2}{4} \cdot \Delta z = 0 \quad (7.14)$$

$$\frac{Fh|_z - Fh|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = -(-rh) \cdot \pi \cdot \frac{ID^2}{4} \quad (7.15)$$

$$-\frac{Fh}{dz} = -rh \cdot \pi \cdot \frac{ID^2}{4} \quad (7.16)$$

$$\text{Dimana : } Fh = -Fh_0 (1 - x_2)$$

$$\Delta Fh = Fh_0 \cdot \Delta x_2 \quad (7.17)$$

$$Fh_0 \cdot \frac{\Delta x_2}{\Delta z} = -rh \cdot \pi \cdot \frac{ID^2}{4Fh_0}$$

$$\frac{\Delta x_2}{\Delta z} = -rh \cdot \pi \cdot \frac{ID^2}{4Fh_0}$$

$$\text{Lim } \Delta z \rightarrow 0$$

$$\frac{dx_2}{dz} = -rh \cdot \pi \cdot \frac{ID^2}{4Fh_0} \quad (7.18)$$

Dimana,

F_c = kecepatan mol $C_3H_4O_2$ (kmol/s)

R_d = kecepatan mol $C_3H_4O_2$ yang terbentuk dalam sistem (kmol/m³s)

ID = diameter dalam pipa (m)

F_{a0} = kecepatan mol C_3H_6 masuk reaktor (kmol/s)

Δv = volume gas diantara katalis pada elemen volume

$(-rc)$ = kecepatan reaksi = $k C_A \cdot C_B$

x_1 = konversi reaksi C_3H_6 menjadi $C_3H_4O_2$

x_2 = konversi reaksi C_3H_6 menjadi CO_2

5. Neraca Panas Reaktor

5.1 Neraca Panas dalam elemen volume

$$\text{Input} - \text{Output} = \text{Acc}$$

Kecepatan panas input – kecepatan panas output + panas yang ada dalam sistem- perpindahan panas dalam sistem = akumulasi

$$Q_g|_z - Q_g|_{z+\Delta z} + Q_r - Q_{pp} = 0 \quad (7.19)$$

$$Q_r = (-r_1) \cdot \Delta h_{r1} (-r_2 \cdot \Delta h_{r2} \cdot \pi \cdot \frac{ID^2}{4}) \cdot \Delta z \quad (7.20)$$

Diambil limit $\Delta z \rightarrow 0$, maka diperoleh :

$$\frac{Q_g|_z - Q_g|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = -[(-r_1) \cdot \Delta h_{r1} (-r_2) \cdot \Delta h_{r2}] \pi \cdot \frac{ID^2}{4} + (\pi \cdot OD) (T_g - T_p)$$

$$-\frac{dQ_g}{dz} = -[(-r_1) (\Delta h_{r1}) - (-r_2) \Delta h_{r2}] (\pi \cdot \frac{ID^2}{4}) - UD (\pi \cdot OD) (T_g - T_p)$$

$$Q_g = \frac{dQ_g}{dz} \sum f_{gi} c_{pgi} (T_g - T_{reff}) \quad (7.21)$$

$$\frac{dQ_g}{dz} = \sum F_g \cdot c_{pg} \cdot \frac{dT_g}{dz} + (T_g - T_{reff}) \cdot \frac{d\sum F_{gi} \cdot c_{pgi}}{dz} \quad (7.22)$$

$$\frac{dT_g}{dz} = \frac{[(-r_1)\Delta h_{r1} - (r_2)\Delta h_{r2}] \pi \cdot \frac{ID^2}{4} (\pi \cdot OD) (T_g - T_p)}{f_i c_{pi}} \quad (7.23)$$

Keterangan :

UD = koefisien transfer panas (kJ/ m² s K)

a'' = luas permukaan luar tabung (m²/m)

T_g = suhu reaktor (K)

T_p = suhu pendingin (K)

Q_g = panas yang dibawa oleh bahan (kJ/s)

T_{reff} = suhu referensi (K)

C_{p_g} = kapasitas panas masing – masing komponen pada fase gas

(kJ/kmol.K)

(-rc) = kecepatan reaksi C_3H_6 menjadi $C_3H_4O_2$ monomer

(kmol/kgcat.s)

Δh_{rc} = entalpi reaksi ke 1 (kJ/kmol)

5.2 Neraca Panas Untuk Media Pendingin

Kecepatan panas input – kecepatan panas output + perpindahan kalor dalam sistem = akumulasi

Pada keadaan tunak, akumulasi = 0

$$Q_{p|z} - Q_{p|z+\Delta z} + U D \cdot \pi \cdot OD N_{\text{pipa}} (T_g - T_p) \Delta z = 0 \quad (7.24)$$

$$\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \quad \longrightarrow \quad 0$$

Pendingin yang dipakai adalah Dowtherm A yang stabil pada suhu

93,3 – 540°C

Komposisi Dowtherm A :

- 73,5 % Diphenyl Oxyde

- 26,5 % Diphenyl

Sifat-sifat fisis Dowtherm A (T dalam K) dari Hidrokarbon Processing.

$$C_p = 0,11152 + 3,402 \cdot 10^{-4} T, \text{ cal/g.K}$$

$$\rho = 1,4 - 1,0368 \cdot 10^{-3} T, \text{ gr/cm}^3$$

$$\mu = 35,5808 - 0,04212 T, \text{ gr/cm.Jam}$$

$$k = 0,84335 - 5,8076 \cdot 10^{-4} T, \text{ cal/J.Cm.}$$

K = aliran pendingin dalam reaktor searah dengan aliran gas

$$Q_p|_z - Q_p|_{z+\Delta z} + Q_{pp} = 0$$

$$Q_p|_z - Q_p|_{z+\Delta z} + N_{\text{pipa}} (\pi \cdot OD) UD (T_g - T_p) \Delta z = 0 \quad (7.25)$$

$$\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{Q_p|_z - Q_p|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = - N_{\text{pipa}} (\pi OD) UD (T_g - T_p) \quad (7.26)$$

$$Q_p = m_p \cdot C_{pp} (T_p - T_{\text{reff}}) \quad (7.27)$$

$$-\frac{dQ_p}{dz} = - N_{\text{pipa}} (\pi OD) UD (T_g - T_p)$$

$$-\frac{d(m_p \cdot C_{pp} (T_p - T_{\text{reff}}))}{dz} = - N_{\text{pipa}} (\pi OD) UD (T_g - T_p) \quad (7.28)$$

$$-\frac{d(m_p C_{pp} (T_p - T_{\text{reff}}))}{dz} = - N_{\text{pipa}} (\pi OD) UD (T_g - T_p)$$

$$\frac{dT_p}{dz} = \frac{- n_{\text{pipa}} (\pi OD) UD (T_g - T_p)}{-m_p c_{pp}} \quad (7.29)$$

$$\frac{dT_p}{dz} = \frac{UD \cdot \pi \cdot OD \cdot N_{\text{pipa}} (T_g - T_p)}{f_{\text{massp}} \cdot C_{pp}} \quad (7.30)$$

Dimana :

c_{pp} = kapasitas panas media pendingin (kJ/kg K)

f_{massp} = kecepatan massa media pendingin (kg/s)

n_{pipa} = jumlah pipa

OD = diameter luar pipa

Q_p = panas yang dibawa oleh pendingin (kJ/s)

T_g = suhu gas (K)

T_p = suhu pendingin (K)

T_{reff} = suhu referensi (K)

UD = koefisien perpindahan kalor (kJ/m²sK)

6. Menghitung Pressure Drop

Persamaan penurunan tekanan dihitung dengan persamaan Tallmagade

(Bird, R.B., "Transport Phenomena", ed 2, halaman 191

$$\frac{dPt}{dz} = \left[150 \left(\frac{1-\epsilon}{Re_p} \right) + 4.2 \left(\frac{1-\epsilon}{Re_p} \right)^{1/6} \right] \left(\frac{1-\epsilon}{\epsilon^3} \right) \frac{Gp^2}{\rho Dp} \quad (7.31)$$

Dimana : Dp = diameter katalis (m)

Gp = flux massa (kg/m^2s)

Re_p = bilangan reynold

Pt = tekanan (Pa)

ϵ = porositas katallis

ρ = rapat massa gas (kg/m^3)

Dari pemodelan matematis diatas diperoleh :

$$\frac{dx_1}{dz} = -rc \cdot \pi \cdot \frac{ID^2}{4Fc_0} \quad (7.32)$$

$$\frac{dx_2}{dz} = -rh \cdot \pi \cdot \frac{ID^2}{4Fh_0} \quad (7.33)$$

$$\frac{dT_g}{dz} = \frac{[(-r_1)\Delta hr_1 - (r_2)\Delta h_2] \pi \cdot \frac{ID^2}{4} (\pi \cdot OD) (T_g - T_p)}{fi \cdot cpi} \quad (7.34)$$

$$\frac{dT_p}{dz} = \frac{-n_{pipa} (\pi \cdot OD) UD (T_g - T_p)}{-m_p \cdot c_{pp}} \quad (7.35)$$

$$\frac{dPt}{dz} = \left[150 \left(\frac{1-\epsilon}{Re_p} \right) + 4.2 \left(\frac{1-\epsilon}{Re_p} \right)^{1/6} \right] \left(\frac{1-\epsilon}{\epsilon^3} \right) \frac{Gp^2}{\rho Dp} \quad (7.36)$$

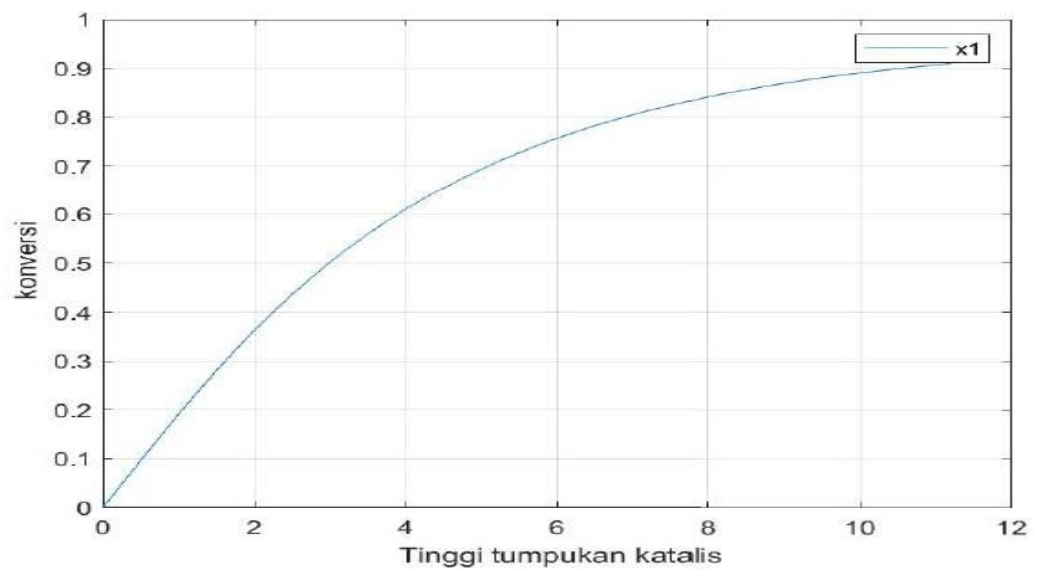
Kelima persamaan differensial biasa orde 1 yang diturunkan secara simultan menggunakan metode Rungke Kutta dengan aplikasi computer MATLAB. Sehingga didapatkan hasil sebagaimana tertera pada grafik sebagai berikut :

Hubungan antara tinggi tumpukan katalis terhadap konversi

Adapun hasil konversi yang didapatkan adalah :

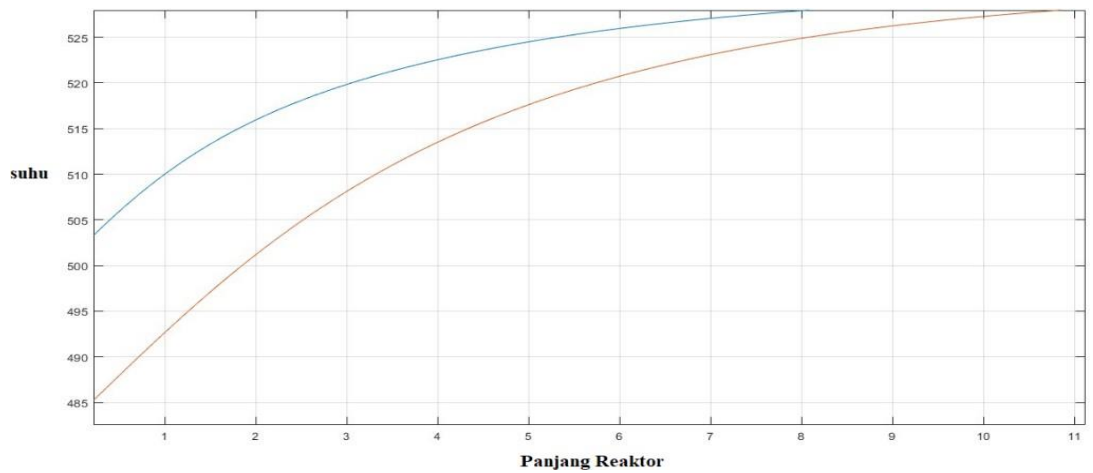
x1 sebesar 91%

x2 sebesar 3,92%



Dipilih tinggi bed (tumpukan katalis) adalah 11,50 m dengan konversi sebesar $0,9009 \approx 90\%$.

Hubungan antara t_g , t_p dan panjang reaktor



Adapun hasil yang didapatkan idapatkan sebagai berikut :

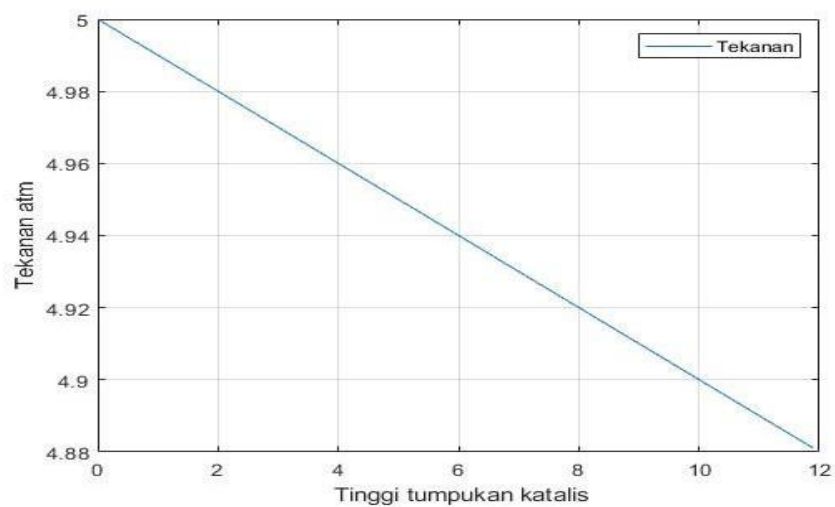
Panjang reaktor sebesar 8 m dengan suhu pendingin (T_p) sebesar 252°C.

Panjang reaktor 3 m dengan suhu reaktor (T_g) sebesar 247°C.

Dengan keterangan :

- : suhu pendingin (T_p)
- : suhu reaktor (T_g)

Hubungan antara Tinggi tumpukan katalis degan tekanan, sebagai berikut :



Adapun hasil yang didapatkan adalah dipilih tinggi tumpukan katalis sebesar 12 m dengan tekanan sebesar 5 atm.

7. Menghitung berat katalis

$$W = A \cdot \rho b \cdot z$$

$$W = \pi \frac{D^2}{4} \cdot n_{\text{pipa}} \cdot \rho b \cdot z$$

$$W = \pi \frac{(0,05253)^2}{4} \cdot 4629 \cdot 1100 \cdot 11,500$$

$$W = 126957,1 \text{ kgkat}$$

8. Menghitung Ukuran Reaktor

Volume shell reactor

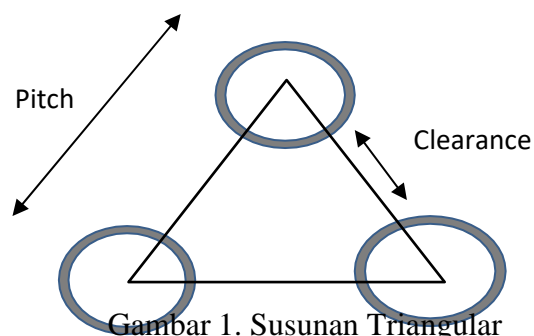
$$V = \pi \frac{D^2}{4} \times IDs \times H$$

$$V = \pi \frac{(0,05253)^2 m}{4} \times 20,7611 \text{ m} \times 11,500 \text{ m}$$

$$V = 5,1743E-01 \text{ m}^3$$

8.1 Dimensi Reaktor

Pipa (tube) disusun dengan pola 'triangular pitch' agar turbulensi yang terjadi pada aliran fluida dalam shell menjadi besar, sehingga akan memperbesar koefisien perpindahan panas konveksi (h_o). Sehingga, transfer panas lebih baik dari pada susunan square pitch (Kern, 1983)



Gambar 1. Susunan Triangular

8.2 Diameter shell reaktor

Untuk susunan triangular dihitung dengan persamaan :

$$N_{\text{pipa}} = \frac{[(I_{ds} - K_1)^2 \pi / 4 + K_2] - \text{Pitch}(I_{ds} - K_3)}{\text{Pitch}}$$

Diketahui :

jumlah pipa = 48234

Nilai konstanta K_1, K_2, K_3 dan K_4

Untuk susunan bujur sangkar		Untuk susunan triangular	
K_1	= -1,04	K_1	= -1,08
K_2	= -0,10	K_2	= -0,90
K_3	= 0,43	K_3	= 0,69
K_4	= -0,25	K_4	= -0,80

Maka, diperoleh

$$I_{Ds} = 20,7611 \text{ m}$$

$$De = \frac{4 \times (1/2 \text{ Pitch} \times 0,86 \times \text{Pitch} - 1/2 \pi Od^2 / 4)}{1/2 \pi Od} \quad (7.37)$$

Kern, D.Q., "Process Heat transfer", halaman 139

$$De = \frac{4 \times (1/2 \times 0,076 \times 0,86 \times 0,076 - 1/2 \times 3,14 \times 0,06045)^2 / 4}{1/2 \times 3,14 \times 0,06045}$$

De = 0,0430 m

8.3 Tebal dan Dinding Reaktor

Spesifikasi :

a. Bahan konstruksi

Dipilih Baja karbon SA285

b. Allowable stress

$s_{all} = 12900 \text{ Psi}$

Sinnott, "Chemical Engineering Design Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design", halaman 982

c. Faktor korosi

Faktor korosi berkisar $= 0,00318 \text{ m} / 10 \text{ tahun}$

Dirancang : factor korosi $= 0,00318 \text{ m} / 10 \text{ tahun}$

Umum reaktor : 10 tahun

$C' = 0,13 \text{ in} \times 0,02540 \frac{\text{m}}{\text{in}}$

$C' = 0,00318 \text{ m}$

d. Effisiensi sambungan

$\varepsilon = 90,0\%$ (Table 13.2 Brownell and Young)

e. Tekanan perancangan

Dirancang : selongsong mampu menahan tekanan 50% lebih tinggi dari tekanan operasi.

(Meggyessy, "Pressure vessel handbook", Butterfold, London (1999),

halaman 17)

$P_{design} : 150,00\% \times \text{tekanan operasi}$

$P_{design} : 150,00\% \times 5 \text{ atm} \times \frac{101325 \text{ Pa}}{\text{atm}}$

$P_{design} : 759937,5 \text{ Pa}$

$P_{gauge} : 759937,5 \text{ Pa} - 101325,00 \text{ Pa} = 658612,500 \text{ Pa}$

f. Jari – jari dalam

$$R = \frac{D}{2}$$

$$R = \frac{6,409 \text{ m}}{2}$$

$$R = 3,2045 \text{ m}$$

Dihitung dengan :

$$ts = \frac{P_{gauge} Ids}{4 f\epsilon + 0.8 P_{gauge}} + C' \quad (7.38)$$

Persamaan 13.42 Sinnott, Chemical Engineering Design Principles,

Practice and Economics of Plant and Process Design, (2008), Mc. Graw

Hill hamalam 986

Dimana :

C' : faktor korosi [m]

F_{all} : allowable stress [Pa]

P_{gauge} : Tekanan perancangan menurut alat ukur [Pa]

IDs : Diameter dalam selongsong [m]

ts : tebal dinding selongsong [m]

ϵ : efisiensi sambungan

D : diameter luar (m)

$$IDs = 6,409 \text{ m}$$

$$ts = \frac{P_{design} \times IDs}{4 \times \epsilon \times c + 0,8 \times P_{gauge}} + C'$$

$$ts = \frac{658612,500 \text{ Pa} \times 6,409 \text{ m}}{4 \times 88917857,1 \text{ Pa} \times 90,0\% + 0,8 \times 658612,500 \text{ Pa}} + 0,003175 \text{ m}$$

$$ts = 0,029635 \text{ m}$$

digunakan tebal standar 0,029635 m

Sehingga OD dari shell reaktor adalah

$$OD = IDs + 2 \times ts$$

$$OD = 6,409 \text{ m} + 2 \times 0,029635 \text{ m}$$

$$OD = 6,46827 \text{ m}$$

g. Menentukan Head

Bahan yang digunakan untuk head sama dengan bahan shell yaitu baja karbon SA285 dan untuk tekanan <18 atm, head yang digunakan berjenis ellipsoidal.

Sinnott, Chemical Engineering Design Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design (2008), Butterworth, halaman 987

Tebal Head

$$th = \frac{P_{gauge} Ids}{4 fall - 0.4 P_{gauge}} + C' \quad (7.39)$$

Sinnott, halaman 990

Dengan hubungan :

C' : faktor korosi [m]

Fall : tekanan yang diijinkan [Pa]

IDs : diameter dalam selongsong [m]

P_{gauge} : tekanan alat ukur [Pa]

th : tebal penutup [m]

Tekanan operasi : 5 atm

Tekanan perancangan : 120% x 5,000 atm = 6 atm

Tekanan alat ukur = Tekanan perancangan - 1,01325 atm

Tekanan alat ukur = 6 atm - 1,01325 atm

Tekanan alat ukur = 4,98675 atm

$$= 4,98675 \text{ atm} \times [105\text{Pa/atm}]$$

$$= 498675 \text{ Pa}$$

Tebal penutup (th)

$$th = \frac{P_{gauge} Ids}{4 fall - 0.4 P_{gauge}} + C'$$

$$th = \frac{498675 \text{ Pa} \times 6,41 \text{ m}}{2 \times 88917857,14 \text{ Pa} - 0,4 \times 498675 \text{ Pa}} + 0,00318 \text{ m}$$

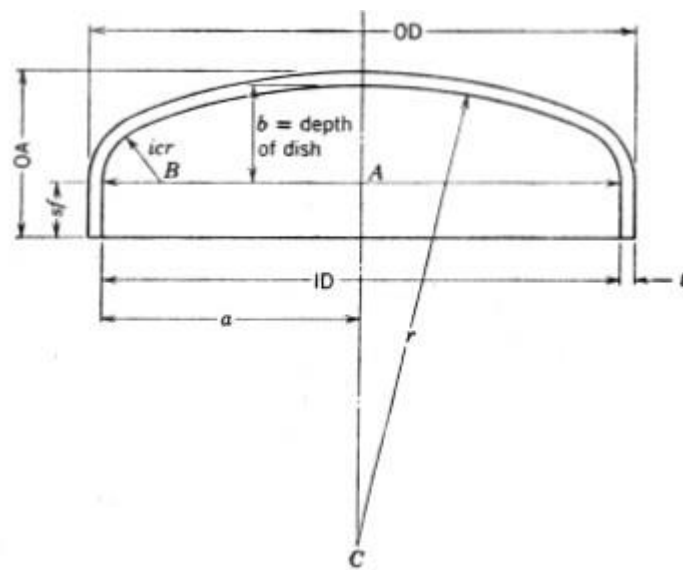
$$th = 0,021167 \text{ m}$$

Straight flange

Berkisar antara 1,5 – 3,5 in

Dipilih $sf = 3,5 \text{ in} \times [0,0254 \text{ m/in}]$

$$= 0,0889 \text{ m}$$



(Process Equipment Design by Lloyd E Brownell, Edwin H. Young, halaman 87)

Keterangan :

t = tebal head

OD = Diameter luar

sf = straight flange

icr = knuckle radius

r = jari jari

Tinggi Head

Tinggi penutup dihitung dengan persamaan :

$$OA = th + b + sf$$

$$b = r - \sqrt{BC^2 - AB^2}$$

$$BC = \frac{AB}{\cos \theta} = \frac{ID_s}{2} - icr$$

h. Tinggi reaktor

$$H_{total} = \text{Tinggi katalis} + 2 \times \text{Ballast} + 2 \times \text{Tinggi Head}$$

$$\text{Tinggi ballast} = 2,5 \text{ in}$$

(Rase, H.F., Chemical Reactor Design, John Walley 1977)

$$\text{Tinggi ballast} = 2,5 \text{ in} \times [0,0254 \text{ m/in}]$$

$$\text{Tinggi ballast} = 0,0635 \text{ m}$$

$$H_{total} = 11,5 \text{ m} + 2 \times 0,0635 \text{ m} + 2 \times 0,966 \text{ m} = 13,56 \text{ m}$$

i. Volume Head

$$V = 0,000049 I_{ds}^3 \quad (7.40)$$

(Brownell and Young halaman 88)

$$V = 22,29 \text{ m}^3$$

Keterangan :

I_{ds} = diameter dalam shell (in)

V = volume head piringan torispherical ke lens lurus (ft³)

j. Volume Total Reaktor

$$V = V_{\text{bed}} + 2 V_{\text{head}}$$

$$V = \text{luas alas} \times \text{tinggi} \times \text{tinggi tumpukan katalis} + 2 V_{\text{head}}$$

$$V = \frac{\pi d^2}{4} \times \text{tinggi tumpukan katalis} + 2 V_{\text{head}}$$

$$V = \frac{3,14 \times (6,409 \text{ m})^2}{4} \times 11,5 + 2 V_{\text{head}}$$

$$V = 370,995 \text{ m}^3 + 2 \times 22,29 \text{ m}^3$$

$$V = 415,575 \text{ m}^3$$

9. Perancangan Isolasi Reaktor

Untuk menjaga keamanan lingkungan, maka dinding luar ditambahkan isolator. Bahan dinding reaktor dipilih Glass Fiber yang didasarkan pada :

Suhu Operasi

Konduktivitas termal yang kecil

Suhu udara , $T_u = 303,15 \text{ K}$

Dirancang ; suhu dinding luar isolator, $T_i = 313,15 \text{ K}$

$k_{th} = 0,043 \text{ W/mK}$

(Cengel,J., Heat Transfer,(2001), Mc Graw Hill, New York

halaman 20)

Konduktivitas termal baja, $k_{th} = 80,2 \text{ W/mK}$

Asumsi : suhu permukaan dinding selongsong = suhu media pendingin

Perpindahan kalor terjadi dalam keadaan tunak

Perpindahan kalor yang terjadi :

Perpindahan kalor secara konduksi dari dinding dalam selongsong ke dinding luar selongsong

Perpindahan kalor secara konduksi dari dinding dalam isolator ke dinding luar isolator

Perpindahan kalor secara konveksi dan radiasi dari permukaan isolator ke udara lingkungan

Perpindahan kalor secara konduksi dari dinding dalam selongsong ke dinding luar selongsong mengikuti persamaan :

$$q = kths \frac{T_p - t_s''}{x_s} \quad (7.41)$$

$kths$: konduktivitas termal baja [kJ/ms K]

Perpindahan kalor secara konduksi dari dinding dalam isolator ke dinding luar isolator mengikuti persamaan :

$$q = kthi \frac{t_s'' - t_i}{x_i} \quad (7.42)$$

$kthi$: konduktivitas termal isolator [kJ/ms K]

Perpindahan kalor secara konveksi dan radiasi dari permukaan isolator ke udara lingkungan

Perpindahan kalor secara konveksi

$$qc = hc (t_i - t_u) \quad (7.43)$$

Keterangan :

x_s : tebal dinding selongsong [m]

x_i : tebal dinding isolator [m]

- T_p : suhu media pendingin [K]
 T_s' : suhu permukaan dalam selongsong[K]
 T_s'' : suhu permukaan luar selongsong[K]
 t_i : suhu dinding luar isolator [K]
 t_u : suhu udara lingkungan isolator [K]

Dimana :

h_c : koefisien perpindahan kalor secara konveksi ke udara lingkungan
 [kJ/m²sK]

$$h_c = 0,3 \times [t_i - T_u] \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ F}$$

(Kern D.Q)

Dihitung dengan persamaan :

$$h_c = 0,3 (104 - 95)0.25 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ F} \quad (7.44)$$

(Kern D.Q)

$$h_c = 0,873885189 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ F} \quad (\text{Kern D.Q})$$

$$h_c = \frac{0,873885189 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ F} \times 5,671 \times 1 \text{ kJ/m}^2\text{sK}}{\text{Btu/jam ft}^2 \text{ F}}$$

$$h_c = 0,004955803 \text{ kJ/m}^2\text{sK}$$

$$Q_c = 0,004955803 \text{ kJ/m}^2\text{sK} \times [313,15\text{K} - 303,15 \text{ K}]$$

$$Q_c = 0,05 \text{ kJ/m}^2\text{sK}$$

$$Q_c = \frac{T_p - T_i}{k t_{hs}/x_s + k t_{hi}/x_i} \quad (7.45)$$

$$0,05 \text{ kJ/m}^2\text{sK} = \frac{0,0802 \text{ kJ/m sK} \times (593 \text{ K} - 313,15 \text{ K})}{\frac{0,02964 \text{ m}}{0,0000430 \text{ kJ/m sK}} + x_i}$$

Nilai x_i dihitung dengan cara iterasi sampai ruas kiri = ruas kanan

$$x_i = 0,24 \text{ m}$$

LAMPIRAN B
PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM (PEFD)

LAMPIRAN C
KARTU KONSULTASI PRARANCANGAN PABRIK

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN PABRIK

1. Nama Mahasiswa : NABILA ALIFFITRI
No. Mahasiswa : 18521123
Judul Prarancangan*) : PRARANCANGAN PABRIK ASAM AKRILAT DARI
PROPILEN DAN UDARA KAPASITAS 69.000 /
TAHUN
Mulai Masa Bimbingan : 2 Desember 2022
Batas Akhir Bimbingan : 29 November 2023

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	9 Januari 2023	Bimbingan Mengenai Judul Prarancangan ,Menentukan Judul Pabrik	
2.	14 Februari 2023	Bimbingan Mengenai Kapasitas Pabrik & Jenis Proses Pembuatan Asam Akrilat,	
3.	17 Februari 2023	Persetujuan Luaran Tahap 1	
4.	13 April 2023	Bimbingan Mengenai Perancangan Produk, Tinjauan Kinetika serta Tinjauan Termodinamika	
5.	5 Juni 2023	Bimbingan Mengenai Perancangan Proses, Reaktor & Pengumpulan Luaran 1 sampai 6	
6.	21 Juli 2023	Membahas Revisi Reaktor dan Spesifikasi Alat	
7.	24 Juli 2023	Bimbingan Mengenai Reaktor, Neraca Masa, Tangki Penyimpanan	
8.	28 Juli 2023	Bimbingan Mengenai Reaktor, Neraca Masa, dan PEFD	
9.	9 Agustus 2023	Melaporkan progress naskah	

Disetujui Draft

Penulisan : Yogyakarta 05

September 2023

Pembimbing 1



Dr. Dyah Retno Sawitri, S.T.,M.Eng.

