No: TA/TK/2020

PRA RANCANGAN PABRIK ASAM AKRILAT DARI PROPILEN DAN UDARA DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

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



Oleh:

Nama	**: Meitipul Ade R**	**Nama**	**: Tiara Habiba J**
No. Mahasiswa	**: 16521178**	**No. Mahasiswa**	**: 16521129**

KONSENTRASI TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2020

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL PERANCANGAN PABRIK

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Meitipul Ade reforwasih

NIM : 16521178

Nama : Tiara Habiba Jiddah

NIM : 16521129

Yogyakarta, 11 September 2020

Menyatakan bahwa seluruh hasil Perancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun. Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Penyusun 1



(Meitipul Ade Reforwasih)

NIM 16521178

Penyusun 2



(Tiara Habiba Jiddah)

NIM 16521129

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK ASAM AKRILAT
DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Meitipul Ade Reforwasih
NIM : 16521178

Nama : Tiara Habiba Jiddah
NIM : 16521129

Yogyakarta, 9 September 2020

Pembimbing I	**Pembimbing II**
Arif Hidayat, Dr., S.T., M.T.	**Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T**
NIP: 005220101	**NIP: 155211305**

11 Sept 2020

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK ASAM AKRILAT DARI PROPILEN DAN UDARA

Oleh :

Nama : Meitipul Ade Reforwasih

NIM : 16521178

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

Yogyakarta, 11 September 2020

Tim Penguji

Ketua (Dr. Arif Hidayat,ST.,MT)

28-Sep-20

Anggota I (Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng)

Anggota II (Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng)

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Dr. Suharno Rusdi

NIK. 45210102

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK ASAM AKRILAT DARI PROPILEN DAN UDARA

Oleh :

Nama : Tiara Habiba Jiddah

NIM : 16521129

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

Yogyakarta, 11 September 2020

Tim Penguji

Ketua (Dr. Arif Hidayat,ST.,MT)

28-Sep-20

Anggota I (Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng)

Anggota II (Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng)

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Dr. Suharno Rusdi

NIK. 45210102

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr., Wb. بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

Puji syukur kami ucapkan kepada Allah SWT atas rahmat-Nya,sehingga laporan tugas akhir dengan "**Pra Rancangan Pabrik Asam Akrilat Dari Propilen dan Udara Dengan Kapasitas 30.000 Ton/Tahun**" tepat pada waktunya.

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang wajib ditempuh untuk menyelesaikan program Strata-I di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

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

a. Allah SWT karena atas segala kehendak-Nya, penulis diberi kesabaran dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan laporan penelitian ini.
b. Nabi Muhammad SAW yang menjadi panutan penulis.
c. Orang tua, wak gadis, wak lanang, nenek, datuk, abang hanif, dang Oscar, adek Zahra dan keluarga penulis lainnya atas kasih sayang, perhatian, doa serta dukungan moril maupun materil yang telah diberikan sejauh ini.
d. Bapak Dr. Suharno Rusdi selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
e. Bapak Dr. Arif Hidayat,S.T,MT dan Ibu Ajeng Yulianti Dwi Lestari,S.T,M.eng selaku dosen pembimbing tugas akhir atas penjelasan, bimbingan, bantuan dan kesabarannya dalam penyusunan tugas akhir ini.
f. Meitipul Ade Reforwasih selaku *partner* tugas akhir yang selalu membantu dalam penyusunan tugas akhir.
g. Farida Imtiyaz, Trisna Wardhani, Lola Sari, Leni Dewi, Aulia Putri, Nopia Denvil, selaku teman penulis yang telah banyak membantu, memotivasi dan

menghabiskan waktu nya Bersama penulis selama penulis kuliah di Yogyakarta.

h. Teman- teman Teknik kimia kelas C Angkatan 2016.
i. Teman-teman seperjuangan Teknik Kimia angkatan 2016.
j. Semua pihak yang telah membantu berjalannya penelitian yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

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

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, 11 September 2020

Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ..... **iii**
1.1 Latar Belakang **15**
1.2 Kapasitas Perancangan Produksi **14**
1.3 Tinjauan Pustaka **15**
1.3.1 Asam Akrilat 15
1.3.2 Macam – macam Proses 17
1.3.3 Pemilihan Proses 19
2.1 Spesifikasi Bahan Baku **20**
2.2 Spesifikasi Produk **21**
2.3 Pengendalian Kualitas **22**
2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku dan Produk 22
2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses 25
3.1 Uraian Proses **29**
3.2 Spesifikasi Alat/Mesin Produk **31**
3.3 Perencanaan Produksi **49**
4.1 Lokasi Pabrik **50**
4.2 Tata Letak Pabrik (*Layout Plant*) **52**
4.3 Tata Letak Mesin/Alat (*Machines*) **56**
4.4 Alir Proses dan Material **59**
4.5 Pelayanan Teknik (Utilitas) **68**
4.6 Organisasi Perusahaan **83**
4.7 Evaluasi Ekonomi **96**
5.1 Kesimpulan **114**
5.2 Saran **115**
LAMPIRAN A A-1
LAMPIRAN B B-25

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data impor asam akrilat di Indonesia 3
Tabel 1.2 Kapasitas produksi pabrik asam akrilat global 6
Tabel 2.1 Spesifikasi bahan baku..... 13
Tabel 2.2 Spesifikasi produk..... 21
Tabel 2.3 Identifikasi hazard bahan kimia dan pengelolaannya 16
Tabel 2.4 *What if analysis*..... 29
Tabel 3.1 Kebutuhan Bahan Baku 51
Tabel 4.1 Perincian luas tanah dan bangunan pabrik..... 58
Tabel 4.2 Neraca massa total 64
Tabel 4.3 Neraca massa reaktor stage 1 64
Tabel 4.4 Neraca massa reaktor stage 2 65
Tabel 4.5 Neraca massa absorber..... 66
Tabel 4.6 Neraca massa menara distilasi 66
Tabel 4.7 Neraca panas E-101 67
Tabel 4.8 Neraca panas E-102 68
Tabel 4.9 Neraca panas reaktor stage 1..... 68
Tabel 4.10 Neraca panas reaktor stage 2..... 69
Tabel 4.11 Neraca panas E-103 69
Tabel 4.12 Neraca panas E-104 70
Tabel 4.13 Neraca panas absorber 70
Tabel 4.14 Neraca panas menara distilasi..... 71
Tabel 4.15 Neraca panas E-106 71
Tabel 4.16 Syarat air umpan boiler..... 77
Tabel 4.17 Kebutuhan air pembangkit steam..... 84
Tabel 4.18 Kebutuhan air proses..... 84

Tabel 4.19 Total kebutuhan air 85
Tabel 4.20 Kebutuhan listrik alat proses 88
Tabel 4.21 Kebutuhan listrik alat utilitas 88
Tabel 4.22 Gaji karyawan 101
Tabel 4.23 Jadwal kerja masing-masing regu 104
Tabel 4.24 *Physical Plant Cost* 115
Tabel 4.25 *Direct Plant Cost (DPC)* 115
Tabel 4.26 *Fixed Capital Investment (FCI)* 116
Tabel 4.27 *Direct Manufacturing Cost (DMC)* 116
Tabel 4.28 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)* 116
Tabel 4.29 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)* 117
Tabel 4.30 *Total Manufacturing Cost (MC)* 117
Tabel 4.31 *Working Capital (WC)* 117
Tabel 4.32 *General Expense (GE)* 118
Tabel 4.33 Total biaya produksi 118
Tabel 4.34 *Fixed cost (Fa)* 118
Tabel 4.35 *Variable cost (Va)* 119
Tabel 4.36 *Regulated cost (Ra)* 119
Tabel 4.37 Rekapitulasi komponen biaya untuk penentuan BEP dan SDP secara grafis 122

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Konsumsi asam akrilat dunia 5
Gambar 4.1 *Lay out* pabrik skala 1 : 500 59
Gambar 4.2 Tata letak alat proses pabrik asam akrilat 62
Gambar 4.3 Diagram alir kualitatif pabrik asam akrilat..... 72
Gambar 4.4 Diagram alir kuantitatif pabrik asam akrilat..... 73
Gambar 4.5 Diagram alir air utilitas 92
Gambar 4.6 Struktur organisasi perusahaan..... 95
Gambar 4.7 Indeks harga CEPCI dan linierisasinya 107
Gambar 4.8 Grafik penentuan BEP dan SDP secara grafis..... 123

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A (Reaktor) A-1
LAMPIRAN B (PEFD) D-1

ABSTRAK

Pabrik penghasil Asam Akrilat berkapasitas 30.000 ton/tahun ini rencana didirikan pada tahun 2025 di Cilegon,Banten. Metode yang digunakan adalah Oksidasi Propilen dengan katalis molybdenum oxide. Bahan baku yang dibutuhkan adalah propilen dan udara. Dalam produksi digunakan proses Propylene Oxidation RouteAsam akrilat merupakan bahan kimia *intermediate* yang banyak digunakan dalam proses produksi ester akrilat dan resin yang kemudian dipolimerisasi sehingga menjadi cat, pelapis, tekstil, perekat, polis, dan plastik. Berdasarkan dari fungsinya tersebut, permintaan global untuk asam akrilat diperkirakan meningkat 4,5% per tahun dengan didorong oleh pertumbuhan *Super Absorbent Polymer* (SAP) sebesar 5,5% per tahun dan ester akrilat sebesar 4% per tahun selama 2016 – 2021. Indonesia masih mengandalkan produk impor untuk mencukupi kebutuhan konsumsi asam akrilat dalam negeri. Hal ini dikarenakan sampai sekarang hanya ada satu pabrik asam akrilat di dalam negeri yaitu PT. Nippon Shokubai yang berkapasitas 140.000 ton per tahun. Sehingga pendirian pabrik asam akrilat di Indonesia dapat dikatakan memberikan prospek yang sangat baik guna mencukupi kebutuhan domestik dan mancanegara. Pabrik asam akrilat direncanakan didirikan di Cilegon, Banten. Pabrik beroperasi selama 330 hari dalam setahun dengan kapasitas 30.000 ton/tahun.

Pada proses produksinya digunakan proses *Propylene Oxidation Route*. Pada proses tersebut dibagi menjadi dua bagian dalam produksinya, bagian pertama digunakan untuk mengkonversi propilen menjadi akrolein pada kondisi operasi 300°C dan tekanan 3 atm yang menghasilkan konversi sebesar 97,32%. Sedangkan bagian kedua digunakan untuk mengkonversi akrolein menjadi asam akrilat pada kondisi operasi 250°C dan tekanan 3 atm yang menghasilkan konversi sebesar 99%. Dalam menunjang proses produksinya, diperlukan air untuk proses utilitas sebesar 1.671.195,3566 kg/jam dan 354.9589 kWh.

Sebuah parameter kelayakan pendirian pabrik menggunakan analisis ekonomi dengan modal total investasi yang terdiri dari Penanaman Modal Tetap sebesar Rp273,883,800,722.76 dan Modal Kerja sebesar Rp160,811,659,414. Total Biaya Rp1,182,930,283,669 dan Penjualan Tahunan Rp1.249.150.586.746 sehingga didapatkan keuntungan sebelum pajak Rp 404.519.162.076 dan keuntungan setelah pajak sebesar Rp 194.169.197.796. Sebuah penghitungan parameter setelah pajak adalah persentase Return On Investment (ROI) 24.172%, Pay Out Time (POT), Discounted Cash Flow (DCF) 19.3426%, Break Event Point (BEP) 59,13%, sedangkan Shut Down Point (SDP) 42.22%. Dari analisis di atas menunjukkan hasil yang layak, sehingga dapat disimpulkan pabrik ini tepat untuk didirikan.

Kata Kunci: asam akrilat, propilen, udara

ABSTRACT

Acrylic acid is an intermediate chemical widely used in the production process of acrylate esters and resins which are then polymerized so that it becomes paints, coatings, textiles, adhesives, policies, and plastics. Based on its function, global demand for acrylic acid is expected to increase by 4.5% per year driven by the growth of Super Absorbent Polymer (SAP) by 5.5% per year and acrylate esters by 4% per year during 2016 – 2021. Indonesia still relies on imported products to meet the needs of domestic acrylic acid consumption. This is because until now there is only one acrylic acid factory in the country namely PT. Nippon Shokubai has a capacity of 140,000 tons per year. So the establishment of acrylic acid plant in Indonesia can be said to provide excellent prospects to meet domestic and foreign needs. Acrylic acid plant is planned to be established in Cilegon, Banten. The plant operates for 330 days a year with a capacity of 30,000 tons/year.

In the production process is used propylene oxidation route process. In the process is divided into two parts in its production, the first part is used to convert the propyleen into akrolein at 300°C operating conditions and the pressure of 3 atms resulting in a conversion of 97.32%. While the second part is used to convert acrolein into acrylic acid in operating conditions of 250°C and pressure 3 atm which results in a conversion of 99%. In supporting the production process, water is required for the utility process of 1671195.3566 kg/h and 354.9589 kWh of electricity provided by PLN and also needs generators as backup.

A feasibility parameter of factory establishment using economic analysis with total investment capital consisting of Fixed Investment of Rp273,883,800,722.76 and Working Capital of Rp160,811.6 59,414,Total Costs Rp1,182,930,283,669 and Annual Sales Rp1,249,150,586,746 pre-tax profit of Rp 404,519,162,076 and after-tax profit of Rp 194,169,197,796. An after-tax parameter calculation is 24.172% Return On Investment (ROI) percentage, Pay Out Time (POT), Discounted Cash Flow (DCF) 19.3426%, Break Event Point (BEP) 59.13%, while Shut Down Point (SDP) 42.22%. From the above analysis shows decent results, so it can be concluded this factory is right to be established.

Keywords: acrylic acid, propyient, air

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Kapasitas Perancangan Produksi

Tabel 1.2.1 Data impor asam akrilat di Indonesia

Tahun	Jumlah (Ton)
2009	8384,383
2010	6725,071
2011	5562,751
2012	6169,595
2013	9058,697
2014	8327,09
2015	9850,832
2016	6298,348
2017	6091,042
2018	6758,778
2019	7541,684

Berdasarkan Table 1.2.1 diketahui bahwa impor produk Asam Akrilat berada pada kisaran 5000-10.000 ton per tahun. Kapasitas produksi harys melebih range tersebut,sehingga harus lebih dari 10.000 agar dapat memenuhi kebutuhan.

Sementara konsumsi Propilen di Indonesia diperkirakan mencapai angka 49.500 ton per tahun pada tahun 2025. Sementara itu Produksi Asam Akrilat diindonesia hanya dilakukan oleh PT Nippon Shoukubai dengan kapasitas 240.000 ton/tahun.

No	Pabrik	Lokasi	Kapasitas
1	Nippon Shoukubai	Cilegon,Indonesia	240.000

Berdasarkan data impor, konsumsi, dan produksi Asam Akrilat di Indonesia. Dapat diketahui Kapasitas yang dibutuhkan yaitu sebesar 10.000 ton/tahun.

1.2 Tinjauan Pustaka

1.3 Latar Belakang

Asam Akrilat merupakan bahan baku ester akrilik - akrilat metil, etil akrilat, butil akrilat dan akrilat 2-ethylhexyl yang kemudian dipolimerisasi menjadi perekat, pemoles , coating tablet serta pelapis lertas. Digunakan pula pada industri dekoratif seperti batu dan coating. Konsumsi Asam Akrilat yang besar di Negara Indonesia Sebagian masih dipenuhi oleh impor. Hal tersebut dikarenakan hanya ada satu pabrik penghasil Asam Akrilat diIndonesia yaitu PT. Nippon Shioukuba di

cilegon. Pembangunan pabrik ini diharapkan dapat membantu memajukan perindustrian Indonesia, mengurangi impor bahan baku dengan memenuhi kebutuhan Asam Akrilat dari dalam negeri,meningkatkan devisa negara, membuat lapangan kerja, dan mendorong industri industri lain berbahan baku Asam Akrilat.

Nama IUPAC dari Asam Akrilat adalah *propenoic acid.* Pada suhu kamar wujudnya cair, tidak memiliki warna, dan berbau tajam(Linza,2014). Perannya sebagai bahan intermediate dari banyak senyawa lainnya membuat kebutuhan akan produk ini juga akan meningkat. Sebagai contoh adalah industry plastik yang kita gunakan setiap harinya dimana asam akrilat dipakai sebagai bahan aditif plastic.

Apabila perkembangan industri kimia di Indonesia terus meningkat, makan diperkirakan permintaan Asam Akrilat sabagai bahan baku dan pembantu tentunya juga meningkat.

Selain itu terdapat beberapa factor yang dijadikan pertimbangan dalam rencana pendirian pabrik Asam Akrilat,yaitu :

1. Asam Akrilat merupakan bahan intermediate dari banyak senyawa lainnya.
2. Konsumsi yang tinggi dan produksi yang rendah membuktikan ketersediaan Asam Akrilat di Indonesia sangat rendah. Sehingga untuk memenuhi kebutuhan Indonesia harus melakukan impor.
3. Bahan Baku tersedia dan mudah didapatkan,serta lokasi pendirian pabrik yang strategi dan dekat dengan bahan baku.
4. Dapat menjadi pabrik hulu untuk memacu produksi industrikimia lain, seperti pembuatan polimer, dat,dan lainnya
5. Dapat meningkatkan perekonomia negara, masyarakat , serta menciptakan lapangan kerja.

1.3.1 Asam Akrilat

Asam akrilat adalah senyawa organik dengan rumus $C_3H_4O_2$ yang dikenal dengan 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. 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 penting karena merupakan bahan kimia *intermediate* yang banyak digunakan dalam proses-proses produksi pada industri dan produk-produk konsumen. Ada 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. Mereka kemudian dipolimerisasi dan menjadi bahan dalam formulasi cat, pelapis, tekstil (tenun dan *non-woven*), perekat, polis, dan plastik. Metil akrilat juga digunakan dalam pembuatan vitamin B_1.

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 mereka sendiri. Mereka 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 Macam – macam Proses

Tabel 1.3.2.1 Macam-macam Proses

No	Proses	Kondisi Operasi	Keterangan	Konversi

1	Acetylene Route	T = 150 °C P = 50 ATM	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. $4C_2H_2+Ni(CO)4+4H_2O+2HCl \longrightarrow$ $4CH2=CHO_2H+H_2+NiCl_2$	90%
2	Etylene Cyanohidrin Route	T = 100 °C P = 13 ATM	Proses ini adalah proses hidrolisa antara Ethylene Cyanohidrin dan Asam Sulfat dengan produk samping Ammonium Sulfat dari 85% asam Sulfat. $HO\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CN+H_2SO_4 \longrightarrow$ $CH_2=CHCO_2H+NH_4HSO_4$	90%
3	Propilen Oxidation Route	T = 300 °C P = 3 ATM	Proses yang paling ekonomis untuk pembuatan Asam Akrilat yang didasarkan pada dua tahap, pertama menghasilkan akrolein kemudian dioksidasi menjadi Asam Akrilat. Reaksi ini di bantu oleh katalis Iron Molybdenum Oxide, konversi yang terjadi pada tahap satu 97,30 % dan tahap dua sebesar 99 %. $C_3H_6 + O_2 \longrightarrow C_3H_4O + H_2O$ $C_3H_4O + \frac{1}{2} O_2 \longrightarrow C_3H_4O_2$	99 %

1.3.3 Pemilihan Proses

Pertimbangan untuk memilih proses harus memperhatikan biaya baha baku dan pemanfaatan yang rendah, investasi , biaya operasi , serta biaya pengelolaan limbah yang minimal. Apabila menggunakan proses asetilena dipertimbangkan mengenai pasokan asetilen yang sedikit dan harganya yang mahal sehingga semakin tidak ekonomis untuk digunakan. Proses yang paling ekonomis untuk pembuatan asam akrilat didasarkan pada oksidasi dua tahap fase uap propilen menjadi asam akrilat. Proses oksidasi propilen menarik karena ketersediaan katalis sangat aktif dan selektif dan biaya yang relatif rendah dari propilen (Prasad dan Kumar, 2008).Kelebihan proses oksidasi propylene :

a. Konversi yang cukup tinggi pada tahap satu sebesar 97,32% dan tahap 2 sebesar 99%
b. Pengendalian proses lebih mudah karena komposisi bahan baku sederhana
c. Pemeliharaan dan pengendalian lebih ekonomis karena proses dan peralatan yang digunakan sederhana.
d. Ketersediaan bahan baku yaitu propilen dan udara.

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Bahan Baku

Tabel 2.1 Spesifikasi bahan baku

Spesifikasi Bahan Baku				
Spesifikasi	**Bahan**			
	Propilen	**Propana**	**Oksigen**	**Nitrogen**
Wujud	Gas	Gas	Gas	Gas
Rumus Molekul	C_3H_6	C_3H_8	O_2	N_2
Berat Molekul, kg/kmol	42	44	32	28
Titik Didih,°C	-48	-42,11	-183	-195,7
Densitas	0,612	0,493	0,612	1,0265
Titik Leleh, °C	-102,7	-188	-218,9	-209,9
Spesifik Gravity, pada 25°C	0,516	0,495	1,151	0,807
Kelarutan, g/L pada 25°C	0,2	0,0624	38	18,1
Temperatur Kritis, °C	91,95		-154,6	-126,26
Tekanan Kritis, atm	45,4		49,8	33,54

(Sumber: sciencelab.com, 2018).

2.2 Spesifikasi Produk

Tabel 2.2 Spesifikasi produk

Spesifikasi Produk				
Spesifikasi	**Bahan**			
	Asam Akrilat (99,5%)	**Akrolein**	**Asam Asetat**	**Karbon Dioksida**
Wujud	Liquid	Gas	Liquid	Gas
Rumus Molekul	$C_3H_4O_2$	C_3H_4O	$C_2H_4O_2$	CO_2
Berat Molekul, kg/kmol	72	56	60	44
Titik Didih,°C	142	52,2	117,8	-78,5
Densitas	1,04 g/ml dalam 30 C	0,8389	1,05 g/cm3	1,98 g/L
Titik Leleh, °C	14	-87,2	16,6	-56,6
Spesifik Grafity	1,11	0,8407	1,051	1,528
Kelarutan, g/L pada 25°C	1000	212	1000	2,9
Temperatur Kritis, °C	341,85	254	321,25	31
Tekanan Kritis, atm	56,7	50	57,9	72,86

(Sumber: sciencelab.com, 2018)

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas/ pengendalian mutu adalah kegiatan terpadu mulai dari pengendalian standar mutu bahan, standar proses pengolahan bahan, barang setengah jadi, barang jadi, hingga pengiriman akhir ke konsumen agar sesuai dengan sepesifikasi mutu yang direncanakan. Pengendalian kualitas (*Quality Control*) pada pabrik Asam Akrilat ini meliputi pengendalian kualitas bahan baku dan produk, pengendalian kualitas proses.

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku dan Produk

Pengendalian kualitas dari bahan baku dilakukan untuk mengetahui sejauh mana kualitas bahan baku yang digunakan, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan untuk proses. Dimulai dari rencana pembelian bahan baku, penerimaan bahan baku di gudang, penyimpanan bahan baku di gudang, sampai dengan saat bahan baku tersebut akan digunakan. Mutu bahan baku sangat mempengaruhi hasil akhir dari produk yang dibuat. Bahan baku dengan mutu yang baik akan menghasilkan produk baik dan sebaliknya jika mutu bahan baku buruk akan menghasilkan produk buruk. Oleh karena itu sebelum dilakukan proses produksi, dilakukan pengujian terhadap kualitas bahan baku 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 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:

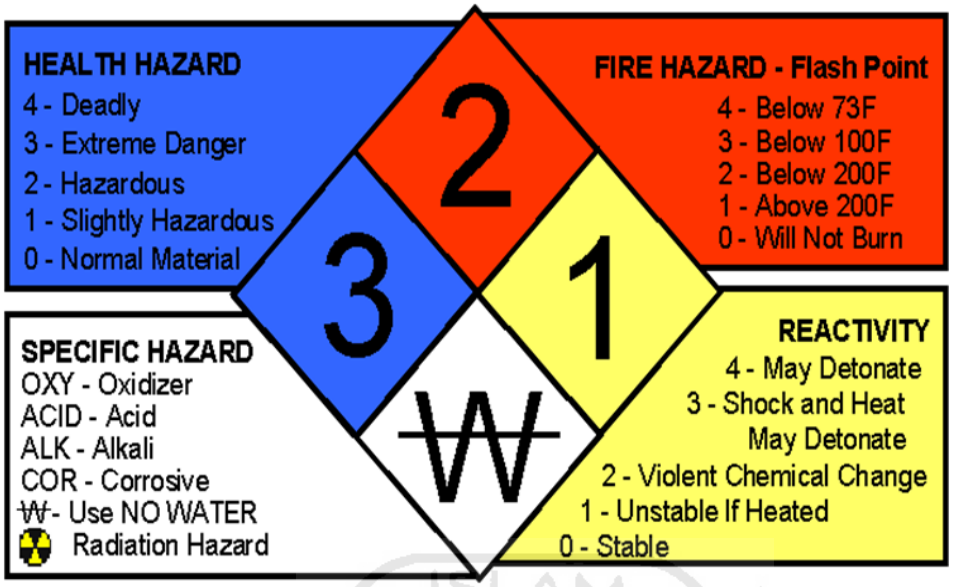
Tabel 2.3 Identifikasi Hazard

No	Komponen	Health	Fire	Reactivity	Personal Protection	Keterangan	Pengelolahan
1	Propilen	2	4	1		*Flash Point*: -185,5 ^{o}C. Autoignition Point: 455^{o}C. LFL: 2,4%. UFL: 10,3%. Larut dalam air.TWA : 500 ppm.	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.
2	Asam Akrilat	3	2	2	Acid	*Flash Point*: 50^{o}C (closedcup). Autoignition Point: 412^{o}C. LFL: 2,4%. UFL: 17%. LD50 : 357 mg/kg. TLV : (skin) 2 ppm.STEL: Not Established. 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.

Lanjutan Tabel 2.3 Identifikasi Hazard

No	Komponen	Health	Fire	Reactivity	Personal Protection	Keterangan	Pengelolahan
3	Asam Asetat	2	0	0		*Flash Point*: 40^{o}C. Autoignition Point: 516^{o}C. LFL: 5,4%. UFL: 16%.TWA: 10 Ppm.Stel 15 ppm.Oral (LD50) : 3,310 mg/kg.	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.
4	Akrolein	4	3	3		*Flash Point: -26^{o}C. Autoignition: 220^{o}C. LFL: 2,8%. UFL: 31%*. TWA : 0,1 ppm . Stel : 0,3 from TLV. Acute oral toxicity (LD50): 7 mg/kg *Larut dalam air dan bersifat toksik bagi organisme akuatik*	Diproses menjadi asam akrilat pada peralatan yang dijaga tertutup dan dari bahan yang tahan korosi. Suhu dan tekanan dijaga stabil, rasio udara untuk proses oksidasi diatur.

Keterangan :



Degree Of Hazard

0 = minimun Hazard
1 = Slight Hazard
2 = Moderate Hazard
3 = Serious Hazard
4 = Severe Hazard

2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses

Suatu proses dapat melibatkan banyak variabel dinamik dan mungkin diinginkan untuk mengendalikan semuanya. 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 300^{O}C dan tekanan sekitar 3 atm. Reaksi oksidasi akrolein 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 akrolein 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 berikut:

Tabel 2.4 *What if analysis*

What If Question	**Akibat**	**Rekomendasi**
Bagiamna jika suhu di dalam reactor meningkat ?	Dapat terjadi *hotspot* dalam katalis reactor, katalis rusak, terjadi *Runaway reation* Dapat terjadi kenaikan tekanan sehingga reactor akan mengalami *overpressure* dan dapat berpotensi ledakan apabila tidak segara ditangani.	Dipasang temperature *controller* pada beberapa titik di sepanjang *tube* yang dihubungkan dengan aliran pendingin masuk untuk mengatur kecepatan arus pendingin.

Lanjutan tabel 2.4

Bagaimana jika suhu di dalam reaktor menurun?	Konversi akrolein menjadi asam akrilat dalam reaktor rendah.	Dipasang *temperature controller* pada beberapa titik di sepanjang *tube* yang dihubungkan dengan aliran pendingin masuk untuk mengatur kecepatan arus pendingin.
Bagaimana jika tekanan di dalam reaktor meningkat?	Apabila tekanan terus naik maka reaktor akan mengalami *overpressure* dan dapat berpotensi ledakan jika tidak segera ditangani.	Dipasang *pressure controller* yang mengatur arus masuk reaktor. Dipasang *relief valve* untuk mengurangi tekanan dalam reaktor.

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 disebar dibeberapa titik pada ketinggian berbeda. Hal ini dikarenakan suhu didalam 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 *sclupture operated* karena uap hasil reaktor berupa campuran uap akrolein, asam akrilat, asam asetat, 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 Uraian Proses

3.1.1 Tahap Preparasi Bahan Baku

Asam Akrilat dibuat menggunakan propilen dan oksigen. Bahan baku diubah agar sesuai dengan kondisi koperasi reactor (R-101) yang bersuhu 300°C dan tekanan 3 atm pada tahap satu, dan suhu 250°C bertekanan 3 atm pada tahap dua. Propilen berfasa cair disimpan dalam tangka (T-101) dengan tekanan 12 atm suhu 27°C dialirkan ke kran ekspansi (EV-101) untuk diturunkan tekanannya menjadi 3 atm, kemudian dipanaskan menggunakan *propylene heater* sehingga terjadi perubahan fase dari cair menjadi gas bersuhu 300°C. Untuk bahan baku udara diambil dari lingkungan dengan kondisi 32°C bertekanan 1 atm lalu mengumpankannya ke *filter* (F-101) untuk dibersihkan dari debu-debu yang ikut terambil. Selanjutnya udara dialirkan oleh *blower* (BL-101) hingga kondisi udara bersuhu 48,31°C dengan tekanan 1,2 atm. Udara menuju Kompresor (C-101) untuk masuk ke *Heater* udara (E-102) sehingga mencapai kondisi 300°C

3.1.2 Tahap Reaksi

Perbandingan reaktan antara propilen dan oksigen adalah 1 : 2. Reaktan diumpankan pada Reaktor (R-101) jenis multi tube fixed bed dengan batuan katalis molybdenum Oksida (MoO_3). Reaktor beroperasi pada tekanan 3 atm dan terdapat dua zona perpindahan panas. Zona 1 digunakan untuk mengkonversi propilen menjadi acrolein, dimana zona ini beroperasi pada suhu 300°C dengan konversi reaksi sebesar 97,32%. Reaksi yang terjadi pada zona 1 adalah sebagai berikut:

Reaksi utama yang terjadi di reaktor zona I :

$$C_3H_{6\,(g)} + O_{2\,(g)} \rightarrow C_3H_4O_{(g)} + H2O$$

Reaksi samping zona I :

$$C_3H_{6\,(g)} + \tfrac{1}{2}O_{2\,(g)} \rightarrow C_2H_4O_{2(g)} + CO_2 + H2O$$

Setelah melewati zona I, selanjutnya gas akrolein yang terbentuk menuju zona II. Zona ini beroperasi pada suhu 250°C dan pada tekanan 3 atm . Pada zona ini akrolein yang dihasilkan pada zona I dikonversikan menjadi asam akrilat. Konversi yang terjadi pada reaksi ini sebesar 99%. Reaksi yang terjadi pada zona II sebagai berikut :

$$C_3H_4O_{(g)} + \tfrac{1}{2}O_{2\,(g)} \rightarrow C_3H_4O_{2(g)}$$

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

3.1.3 Tahap separasi dan purifikasi produk

Separasi dan purifikasi dari produk hasil reaksi bertujuan agar diperoleh kemurnian yang sesuai dengan spesifikasi pasar. Produk hasil reaktor (R-101) terlebih dahulu diturunkan tekanannya dari 3 atm menjadi 2,35 atm menggunakan kran ekspansi (EV–102), lalu suhunya yang masih tinggi sebesar 299,3°C diturunkan dengan menggunakan cooler untuk mencapai suhu yang diinginkan sesuai dengan operasi Menara Absorbsi Asam Akrilat (T-101) menjadi 107°C. Pemisahan produk menggunakan Menara Absorbsi Asam Akrilat (T-101) dengan kondisi operasi 107°C dan tekanan 2,35 atm sedangkan pemurnian produk menggunakan Menara Distilasi Asam Akrilat (T-102) dengan kondisi operasi feed 99,22°C dan 2,35 atm.

Gas keluaran reaktor yang telah didinginkan akan masuk lewat bagian bawah kolom Menara Absorbsi Asam Akrilat (T-101) sedangkan sebagai penyerapnya adalah air yang masuk lewat bagian atas kolom Menara Absorbsi Asam Akrilat (T-101). Pada pemisahan Menara Absorbsi Asam Akrilat (T-101) ini, asam akrilat dan asam asetat akan terserap sempurna oleh air dan keluar sebagai hasil bawah pada suhu 107°C dan tekanan 2,35 atm. Sedangkan hasil atas berupa gas sisa reaktan akan dibuang ke udara karena sisa gas masih dalam kadar standar kualitas mutu udara. Kemudian komponen hasil bawah Menara Absorbsi Asam Akrilat (T-101) diumpankan ke dalam Menara Distilasi Asam Akrilat (T-102). Hasil bawah Menara Distilasi Asam Akrilat (T-102) adalah produk asam akrilat dengan kemurnian 99% sebanyak 3806,0095 kg/jam. Sedangkan hasil atas yang

sebagian besar air dan kandungan lainnya langsung dialirkan ke unit pembuangan limbah.

Hasil bawah Menara Distilasi Asam Akrilat (T-102) pada temperatur 171,59^{o}C dan tekanan 2,52 atm diturunkan tekanannya menggunakan kran ekspansi (EV-103) dan suhunya diturunkan menggunakan Asam Akrilat *Cooler* (E-107) sehingga tekanannya menjadi 1 atm dan suhunya menjadi 30^{o}C**.** Produk asam akrilat kemudian disimpan pada fase cair di tangki penyimpanan pada suhu 30^{o}C dan tekanan 1 atm.

3.2 Spesifikasi Alat/Mesin Produk

3.2.1 Tangki Penyimpanan Bahan Propilen (TK-101)

Fungsi	:	Menyimpan propilen untuk keperluan 7 hari
Jenis	:	Tangki silinder horizontal dengan atap elipstical head
Fase	:	Cair
Jumlah	:	1 buah
Volume	:	1167 m^3
Waktu penyimpanan	:	7 hari
Suhu penyimpanan	:	27 ^{0}C
Tekanan operasi	:	12 atm
Panjang	:	17.0688 m
Diameter	:	9.1440 m
Tebal shell	:	0.2500 in
Bahan	:	Carbon Steel SA-285 grade C
Jumlah Alat	:	1
Harga	:	Rp. 783.743.620,9

3.2.2 Tangki Penyimpanan Produk Asam akrilat (TK-102)

Fungsi : Menyimpan produk asam akrilat selama 7 hari

Jenis : Tangki silinder tegak dengan elliptical dished head

Fase : Cair

Jumlah : 1 buah

Volume : 1836,6909 m^3

Kondisi Operasi

Tekanan = 1 atm

Suhu = 30^oC

Spesifikasi :

Diameter = 15 m

Tinggi = 7 m

Tebal Head = 0,0047 m

Tabel 3.2 Tebal shell tiap course plate tangki (TK-102)

Digunakan plate dengan lebar 3 ft sehingga dinding tangki menjadi:

Plat dari bawah	**H (ft) dari bawah**		**t min (in)**	**Tebal Standar (in)**	
1	24	18	0.3088	3/8	0.375
2	18	12	0.2608	3/8	0.375
3	12	6	0.2129	1/4	0.25

Bahan : Carbon Steel 285 grade C

Jumlah Alat 1

Harga : Rp. 1.567.487.242

3.2.3 Reaktor (R-101)

Fungsi : Zona I tempat terjadinya reaksi propilen dan oksigen menjadi akrolein. Pada zona II tempat terjadinya reaksi akrolein menjadi asam akrilat.

Jenis : Fixed Bed Multitube

Fase : Gas

Kondisi Operasi

Zona I

Eksotermis

Tekanan = 3 atm

Suhu = 300ºC

Zona II

Eksotermis

Tekanan = 3 atm

Suhu = 250ºC

Spesifikasi :

Diameter = 4,198 m

Tinggi = 5,6 m

Tebal Shell = 0.013 m

Tebal Head = 0,0285 m

Jenis Head : Torispherical

Katalis : Molibdenim Oksida (MoO3)

Diameter Katalis : 0,35 cm

Jumlah : 1 buah

Bahan : Carbon Steel SA 283 Grade C

Jumlah Alat 1

Harga : Rp. 348.330.498,2

3.2.4 Menara Absorbsi Asam Akrilat (T-101)

Fungsi : Menyerap asam akrilat yang terbentuk

Jenis : Packing Tower

Kondisi Operasi

Tekanan = 2,35 atm

Suhu = 80ºC

Spesifikasi :

Diameter = 4,3595 m

Tinggi = 8,7479 m

Tebal Shell = 0,00635 m

Tebal head = 0,0046 m

Jenis Head : Torispherical

Bahan : Carbon Steel SA 283 Grade A

Jenis Packing : Raschig Ring

Bahan Packing : Keramik

Jumlah alat 1

Harga : Rp. 3.657.470.231

3.2.5 Menara Distilasi Asam Akrilat (T-102)

Fungsi : Memurnikan produk asam akrilat

Jenis Plate : Sieve Tray

Kondisi Operasi

- Puncak Menara :
  - Tekanan = 2,18 atm
  - Suhu = 102,99^{o}C
- Umpan :
  - Tekanan = 2,35 atm
  - Suhu = 80^{o}C
- Dasar Menara :
  - Tekanan = 2,52 atm
  - Suhu = 171, 59^{o}C

Diameter Menara = 4,35 m

Tebal Shell = 0,025 m

Tebal Head = 0,0025 m

Jumlah Plate = 9

Tinggi Menara = 11,11 m

Reflux Ratio = 0.58

Plate Spacing = 0.45

Jenis Head : Torispherical

Bahan : Carbon Steel SA 283 Grade C

Jumlah Alat 1

Harga : Rp.3.483.304.982

3.2.6 Propylene Heater (E-101)

Fungsi :Memanaskan fluida dari tangki penyimpanan propilen menuju reaktor.

Jenis : Shell and tube heat exchanger

Beban Panas : 674.229,4041 kj/jam

Luas transfer panas : 205.8438ft^2

Panjang : 16 ft

Pitch (PT) : 1 in-square pitch

Shell Side

- Fluida Panas : Steam

Ukuran:

- ID : 0.90 in

- Baffle space : 3 in

- Pass 1

Tube Side

- Fluida dingin : Gas propilen dan propana

Ukuran:

- Jumlah tube : 65
- OD ; BWG : 1 in; 18
- ID : 0,902 in
- Pass 1

Dirt Factor min : 0,003 $hr.ft^2.^oF/Btu$

Dirt Factor available : 0,0036 $hr.ft^2.^oF/Btu$

Catatan : E-101 memenuhi syarat, karena Rd available > Rd min

Bahan : Stainlees Steel

Jumlah Alat 1

Harga : Rp. 34.833.049

3.2.6 Heater Udara (HE-02)

Fungsi : Memanaskan udara dari kompressor menuju reaktor

Jenis : Shell and Tube Heat Exchanger

Beban Panas : 4.518.943,5639 btu/jam

Luas transfer panas : 430,0029 ft^2

Panjang : 16 ft

Pitch (PT) : 1 in-triangular pitch

Shell Side

- Fluida panas : steam

Ukuran:

- ID : 15 ¼ in
- Baffle space : 3,05 in
- Pass 1

Tube Side

- Fluida dingin : Udara

Ukuran:

- Jumlah tube 137
- OD; BWG : 3/4 in; 16
- ID : 0,620 in
- Pass 1

Dirt Factor min : 0,003 $hr.ft^2.^oF/Btu$

Dirt Factor available : 0,0164 $hr.ft^2.^oF/Btu$

Catatan : E-102 memenuhi syarat, karena Rd available > Rd min

Bahan : Stainlees Steel

Jumlah Alat 1

Harga : Rp. 43.541.312

3.2.7 Cooler Produk Reaktor (E-103)

Fungsi : Mendinginkan fluida dari reaktor menuju absorber

Jenis : Shell and Tube Heat Exchanger

Beban Panas : 11.094.454,9698 btu/jam

Luas transfer panas : 1186,7423 ft^2

Panjang : 16 ft

Pitch (PT) : 1,2500 in-triangular pitch

Shell Side

- Fluida dingin : Air

Ukuran:

- ID : 25 in
- Baffle space : 5 in
- Pass 4

Tube Side

- Fluida panas : Gas asam akrilat, asam asetat, akrolein, propilen, propane, oksigen, nitrogen, karbon dioksida, dan air

Ukuran:

- Jumlah Tube 370
- OD; BWG : 1 in; 0,065
- ID : 0,482 in
- Pass 1

Dirt Factor min : 0,003 $hr.ft^2.^oF/Btu$

Dirt Factor available : 0,0063 $hr.ft^2.^oF/Btu$

Catatan : E-103 memenuhi syarat, karena Rd available > Rd min

Bahan : *Stainlees Steel*

Jumlah Alat 1

Harga : Rp.43.541.312

3.2.8 Cooler Ke Tangki produk Asam Akrilat (AA)

Fungsi : Mendinginkan fluida yang berasal dai MD menuju Tangki Asam Akrilat

Jenis : Shell and Tube Heat Exchanger

Beban Panas : 5.849.637.0586 Btu/jam

Luas transfer panas : 1795,4057 ft^2

Panjang : 16 ft

Pitch (PT) : 1,2500 in-triangular pitch

Shell Side

- Fluida dingin : Air

Ukuran:

- ID : 35 in
- Baffle space : 7 in
- Pass 4

Tube Side

- Fluida panas : Gas asam akrilat, asam asetat, dan air

Ukuran:

- Jumlah Tube 780

- OD ; BWG : 0,7500 in; 16
- ID : 0,620 in
- Pass 1

Dirt Factor min : 0,003 hr.ft^2.^{o}F/Btu

Dirt Factor available : 0,0206 hr.ft^2.^{o}F/Btu

Catatan : E-104 memenuhi syarat, karena Rd available > Rd min

Bahan : Stainlees Steel

Jumlah Alat 1

Harga : Rp 121.915.674

3.2.9 Kran Ekspansi (EV-101)

Fungsi :Menurunkan tekanan Propilen dari tangki penyimpanan propilen

Jenis : Globe Valve

Debit : 9,5172 m^3/jam

Spesifikasi :

- ID = 1,61 m
- OD = 1,9 m
- a't = 2,04 m^2
- v = 2,0087 m/s

Bahan : Stainlees Steel

Jumlah Alat 1

Harga : Rp. 296.080.923

3.2.10 Kran Ekspansi (EV-02)

Fungsi : Menurunkan tekanan hasil reaktor menuju *cooler* produk reaktor

Jenis : Globe Valve

Debit : 542,0294 m^3/jam

Spesifikasi :

- ID = 0,2545 m
- OD = 0,27 m
- a't = 0,0508 m^2
- v = 2,9611 m/s

Bahan : Stainlees Steel

Jumlah Alat 1

Harga : Rp. 330.913.973

3.2.11 Kran Ekspansi (EV-03)

Fungsi : Menurunkan tekanan fluida keluar menara distilasi asam akrilat menuju *acrylic acid cooler*

Jenis : Globe Valve

Debit : 22,3039 m^3/jam

Spesifikasi :

- ID = 3,068 m
- OD = 3,5 m
- a't = 7,38 m^2
- v = 1,3012 m/s

Bahan : Stainlees Steel

Jumlah Alat : 1

Harga : Rp 592.161.847

3.2.12 Pompa Propilen (P-101 A/B)

Fungsi : Mengalirkan bahan baku propilen menuju menuju *propylene heater*

Jenis : Pompa sentrifugal

Bahan : Comercial steel

Head : 4 m

Daya pompa : 0,125 HP

Jumlah : 2 buah, 1 run, 1 standby

Harga Satuan : Rp 17.416.525

3.2.13 Pompa Umpan Menara (Pompa 2)

Fungsi : Mengalirkan hasil bawah menara absorbsi asam akrilat menuju menara distilasi asam akrilat

Jenis : Pompa sentrifugal

Bahan : Comercial steel

Head	:	3.4 m
Debit	:	4,785 m^3/jam
Daya pompa	:	0,75 HP
Jumlah	:	2 buah, 1 run, 1 standby
Harga	:	Rp 17.416.525

3.2.14 Pompa Asam Akrilat (P-103 A/B)

Fungsi : Mengalirkan hasil bawah Menara distilasi asam akrilat menuju menuju tangki penyimpanan asam akrilat

Jenis : Pompa sentrifugal

Bahan : *Comercial steel*

Head : 3,6 m

Debit : 1,4894 m^3/jam

Daya pompa : 0,33 HP

Jumlah : 2 buah, 1 run, 1 standby

Harga : Rp 17.416.525

3.2.15 Blower (BL-101)

Fungsi	:	Untuk mengalirkan udara lingkungan ke *heater* udara
Jenis	:	*Centrifugal blower*
Bahan	:	*Carbon steel SA-283 grade C*
Suhu Operasi	:	32°C
Tekanan Operasi	:	1 atm

Power Motor	:	7,5 HP
Jumlah	:	1
Harga	:	Rp.216.247.874

3.2.16 Filter (F-101)

Fungsi	:	Menyaring pengotor debu yang terbawa oleh udara segar yang mengalir ke reaktor
Jenis	:	*Bag house filter*
Bahan	:	*Carbon steel SA-283 grade C*
Diameter Bag	:	0,2032 m
Panjang Bag	:	2,4384 m
Jumlah Bag	:	40 buah
Harga	:	Rp 139.332.199

3.2.17 Kompressor (C-101)

Fungsi	:	Menaikkan tekanan udara dari tekanan 1,2 atm menjadi 3 atm.
Jenis	:	*Centrifugal, double stage*
Power	:	30 HP
Jumlah		2
Harga	:	Rp. 522.495.747

3.2.18 Kondensor Asam Akrilat (E-105)

Fungsi : Mengembunkan fluida dari hasil atas menara distilasi asam akrilat

Jenis : *Shell and Tube*

Beban Panas : 81.607.318,052 kj/jam

Luas transfer panas : 2392,1381 ft^2

Panjang : 20 ft

Pitch (P_T) : 0,9375 in-triangular pitch

Shell Side

- Fluida dingin : Air

Ukuran:

- ID : 27 in
- Baffle space : 5 in
- Pass 2

Tube Side

- Fluida panas : Gas etilen oksida dan H2O

Ukuran:

- Jumlah Tube 600
- OD ; BWG : 3/4 in; 16
- ID : 0,620 in
- Pass 1

Dirt Factor min : 0,0020 $hr.ft^2.^oF/Btu$

Dirt Factor available : 0,0030 $hr.ft^2.^oF/Btu$

Catatan : Kondensor memenuhi syarat, karena Rd available > Rd min

Bahan : *Stainlees Steel*

Jumlah Alat 1

Harga : Rp. 149.782.114

3.2.19 Reboiler Asam Akrilat (E-106)

Fungsi : Menguapkan fluida hasil bawah menara distilasi asam akrilat

Jenis : Kettle Reboiler

Beban Panas : 209.983.21,03 kj/jam

Luas transfer panas : 412.708.,4317 ft^2

Panjang : 20 ft

Pitch (PT) : 0,9375 in-triangular pitch

Shell Side

- Fluida dingin : Asam akrilat dan H_2O

Ukuran:

- ID : 25 in
- Baffle space : 5 in
- Pass 2

Tube Side

- Fluida panas : Steam

Ukuran:

- Jumlah Tube 583

-OD ; BWG : 3/4 in; 16

- ID : 0,620 in

- Pass 2

Dirt Factor min : 0,0030 $hr.ft^2.^oF/Btu$

Dirt Factor available : 0,0040 $hr.ft^2.^oF/Btu$

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

Bahan : Stainlees Steel

Jumlah Alat 1

Harga : Rp 181.950.436

3.2.20 Reflux Drum (V-101)

Fungsi : Menampung sementara hasil kondensasi menara distilasi asam akrilat

Jenis : Tangki Silinder Horizontal, Torispherical Dished Head

Bahan : Carbon Steel SA-283 grade C

Spesifikasi:

- Diameter = 0,7735 m
- Panjang = 4,6408 m
- Tebal Shell = 0,0046 m
- Tebal Head = 0,0045 m

Jumlah Alat 1

Harga : Rp 696.660.996

3.3 Perencanaan Produksi

3.3.1 Analisis Kebutuhan Bahan Baku

Analisis kebutuhan bahan baku berkaitan dengan ketersedian bahan baku terhadap kebutuhan kapasitas pabrik. Bahan baku propilen diperoleh dari pabrik PT. Chandra Asri *Petrochemical Center* (CAPC) di Cilegon, Banten, Indonesia.

Tabel 3.1 Kebutuhan Bahan Baku

Komponen	Kebutuhan bahan baku (ton/tahun)	Rerata ketersedian bahan baku (ton/tahun)
Kebutuhan Propylene = 2356.2019 kg/jam	20640,32842	470.000

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

3.3.2 Analisis Kebutuhan Peralatan Proses

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

BAB IV
PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik sangat berpengaruh pada kemajuan serta keberlangsungan suatu industri. Mempertimbangkan faktor produksi dan distribusi, maka pemilihan lokasi harus tepat berdasarkan perhitungan biaya produksi dan distribusi yang minimal. Selain itu harus dipertimbangkan mengenai sosiologi dan budaya masyarakat di sekitar lokasi pabrik. Untuk itu pemilihan dan penetuan lokasi pabrik yang tepat merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam perencanaan pabrik.

Berdasarkan pertimbangan telah ditentukan rencana lokasi Pabrik Asam Akrilat di daerah Cilegon,Banten. Yang menjadi dasar pertimbangan adalah sebagai berikut:

4.1.1 Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku perlu diperhatikan untuk menjamin kontuinitas produksi suatu pabrik. Bahan baku dalam pembuatan asam akrilat adalah propilen yang diperoleh dari pabrik yang ada di Indonesia. Sampai saat ini yang memproduksi propilen yaitu PT Chandra Asri Petrochemical sebesar 470.000 ton/tahun dan PT Pertamina sebesar 608.000 ton/tahun (www.capcx.com). Dengan rancangan pabrik asam akrilat yang berkapasitas 30.000 ton/tahun ini diperkirakan bahan baku masih dapat terpenuhi. Karena ketersediaan bahan baku di Indonesia akan membuat harga pembelian bahan baku lebih murah daripada mengimpor bahan baku, selain itu dapat meningkatkan efisiensi produk propilen dalam negeri. Bahan baku lain yaitu Udara dan Air mudah untuk didapatkan. Dekatnya bahan baku dengan lokasi pembangunan pabrik menjadi faktor utama pemilihan lokasi ini.

4.1.2 Pemasaran Produk

Satu satunya Pabrik Asam Akrilat di Indonesia adalah PT. Nippon Shoukubai yang berkapasitas 240.000 ton/tahun. Untuk saat ini kebutuhan Asam Akrilat dalam negeri tidak besar namun Indonesia masih mengimpor dari Jepang.

Produk Asam Akrilat dapat dijual untuk industri-industri polimer, cat , perekat serta industry tekstil yang juga berada di Cilegon,Banten. Lokasi ini merupakan daerah industry kimia yang terus berkembang, sehingga dapat menjadi pasar yang baik.

4.1.3 Utilitas

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

4.1.4 Transportasi

Dapat ditempuh melalui jalur darat dan laut. Terdapat Pelabuhan untuk kapal yang mengangkut bahan baku maupun produk. Karena sarana yang baik ini diharapkan dapat melancarkan kegiatan proses produksi. Pasar utama pemasaran produk asam akrilat adalah daerah Asia Tenggara dan sekitarnya yang dimana hanya terdapat tiga pabrik asam akrilat yaitu pada negara Indonesia, Malaysia dan Singapore. Sedangkan kebutuhan dunia akan produk asam akrilat ini menunjukkan perkembangan yang sangat pesat di setiap tahunnya. Dengan demikian pemasaran tidak akan terhambat.

4.1.5 Tenaga Kerja

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

4.1.6 Keadaan Iklim

Lokasi yang dipilih merupakan lokasi yang cukup stabil karena memiliki iklim rata-rata yang cukup baik. Seperti daerah lain di Indonesia yang beriklim tropis dengan temperatur udara berkisar 22 – 33^{o}C.

4.1.7 Sosial Masyarakat

Pabrik ini akan membuka eluang kerja bagi masyarakat sekitar,sehingga diperkirakan akan didukung oleh masyarakat sekitar.

Faktor Penunjang Lain,Cilegon merupakan daerah kawasan industri yang telah ditetapkan oleh pemerintah, sehingga faktor-faktor seperti: tersedianya energi listrik, bahan bakar, sumber air, iklim dan karakter tempat/lingkungan bukan merupakan suatu kendala karena semua telah dipertimbangkan pada penetapan kawasan tersebut sebagai kawasan industri. Dengan pertimbangan di atas maka dapat disimpulkan bahwa kawasan Cilegon layak dijadikan lokasi pendirian pabrik asam akrilat ini.

4.2 Tata Letak Pabrik (*Layout Plant*)

Tata letak pabrik adalah suatu perencanaan dan pengintegrasian aliran dari komponen-komponen produksi suatu pabrik, sehingga diperoleh suatu hubungan yang efisien dan efektif antara operator, peralatan dan gerakan material dari bahan baku menjadi produk. Desain yang rasional harus memasukkan unsur lahan proses, *storage* (persediaan) dan lahan alternatif (*area handling*) dalam posisi yang efisien dan dengan mempertimbangkan faktor-faktor sebagai berikut (Peters, 2004):

a. Urutan proses produksi,
b. Pengembangan lokasi baru atau penambahan/perluasan lokasi yang belum dikembangkan pada masa yang akan datang,
c. Distribusi ekonomis pada pengadaan air, *steam* proses, tenaga listrik dan bahan baku,
d. Pemeliharaan dan perbaikan,
e. Keamanan (*safety*) terutama dari kemungkinan kebakaran dan keselamatan kerja,
f. Bangunan yang meliputi luas bangunan, kondisi bangunan dan kontruksinya yang memenuhi syarat,
g. Fleksibelitas dalam perancanaan tata letak pabrik dengan mempertimbangkan kemungkinan perubahan dari proses/mesin, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak memerlukan biaya yang tinggi,

h. Masalah pembuangan limbah cair,
i. *Service area* seperti kantin, tempat parkir, ruang ibadah dan sebagainya diatur sedemikian rupa sehingga tidak terlalu jauh dari tempat kerja.

Pengaturan tata letak pabrik yang baik akan memberikan beberapa keuntungan, seperti (Peters, 2004):

a. Mengurangi jarak transportasi bahan baku dan produksi, sehingga mengurangi material *handling,*
b. Memberikan ruang gerak yang lebih leluasa sehingga mempermudah perbaikan mesin dan peralatan yang rusak atau di-*blowdown,*
c. Mengurangi biaya produksi,
d. Meningkatkan keselamatan kerja,
e. Mengurangi kerja seminimum mungkin,
f. Meningkatkan pengawasan operasi dan proses agar lebih baik.

Secara garis besar *lay out* pabrik dibagi menjadi beberapa daerah utama, yaitu:

4.2.1 Daerah Administrasi/Perkantoran dan Laboratorium

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

4.2.2 Daerah Proses dan Ruang Kontrol

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

4.2.3 Daerah Pergudangan, Umum, Bengkel, dan Garasi

Tempat penyimpanan barang, perbaikan alat dan roda transportasi

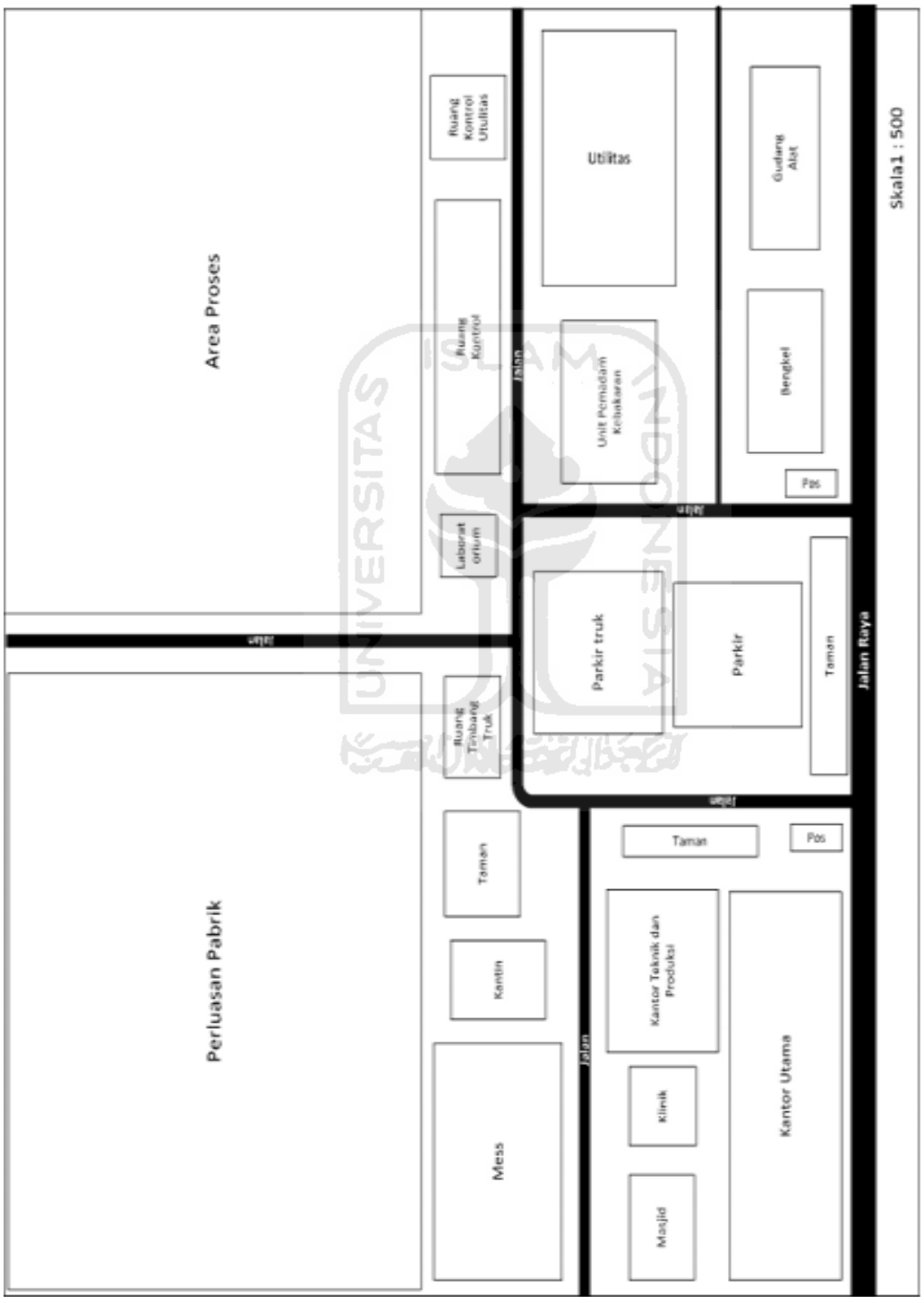
4.2.4 Daerah Utilitas dan *Power Station*

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

Tabel 4.1. Perincian luas tanah dan bangunan pabrik

NO	lokasi	panjang, m	lebar, m	luas, m2	skala (in)		
		m	m	m²	500		
1	Kantor utama	30	14	420	2.3622	1.1024	2.6040
2	Pos Keamanan/satpam	4	3	12	0.3150	0.2362	0.0744
3	Mess	20	36	720	1.5748	2.8346	4.4640
4	Parkir Tamu	10	15	150	0.7874	1.1811	0.9300
5	Parkir Truk	20	12	240	1.5748	0.9449	1.4880
6	Ruang timbang truk	10	6	60	0.7874	0.4724	0.3720
7	Kantor teknik dan produksi	25	14	350	1.9685	1.1024	2.1700
8	Klinik	8	5	40	0.6299	0.3937	0.2480
9	Masjid	8	8	64	0.6299	0.6299	0.3968
10	Kantin	5	10	50	0.3937	0.7874	0.3100
11	Bengkel	10	15	150	0.7874	1.1811	0.9300
12	Unit pemadam kebakaran	10	14	140	0.7874	1.1024	0.8680
13	Gudang alat	20	10	200	1.5748	0.7874	1.2400
14	Laboratorium	10	10	100	0.7874	0.7874	0.6200
15	Utilitas	30	20	600	2.3622	1.5748	3.7200
16	Area proses	80	60	4800	6.2992	4.7244	29.7601
17	Control Room	25	10	250	1.9685	0.7874	1.5500
18	Control Utilitas	8	8	64	0.6299	0.6299	0.3968
19	Unit Pengolahan Limbah	20	10	200	1.5748	0.7874	1.2400
20	Jalan dan taman	30	30	900	2.3622	2.3622	5.5800
21	Perluasan pabrik	70	60	4200	5.5118	4.7244	26.0401
	Luas Tanah	152.4	89.96062	**13710**	12	7.083514167	**85.0022**
	Luas Bangunan			**8610**			**53.3821**
	Total	**453**	**370**	**13710**			**85.00217**

LAY OUT PABRIK ASAM AKRILAT



Gambar 4.1 *Lay Out* Pabrik Skala 1:500

4.3 Tata Letak Mesin/Alat (*Machines*)

Dalam perancangan tata letak alat proses pabrik harus dirancang secara tepat dn efisien. Dalam perancangannya ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

4.3.1 Aliran Bahan Baku dan Produk

Penempatan aliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi. Semakin dekat penempatan bahan baku dan produk dengan jalur transportasi, maka akan semakin efisien biaya yang dikeluarkan.

4.3.2 Aliran Udara

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

4.3.3 Pencahayaan

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

4.3.4 Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan

Dalam perancangan *lay out* peralatan, perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah agar apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki.

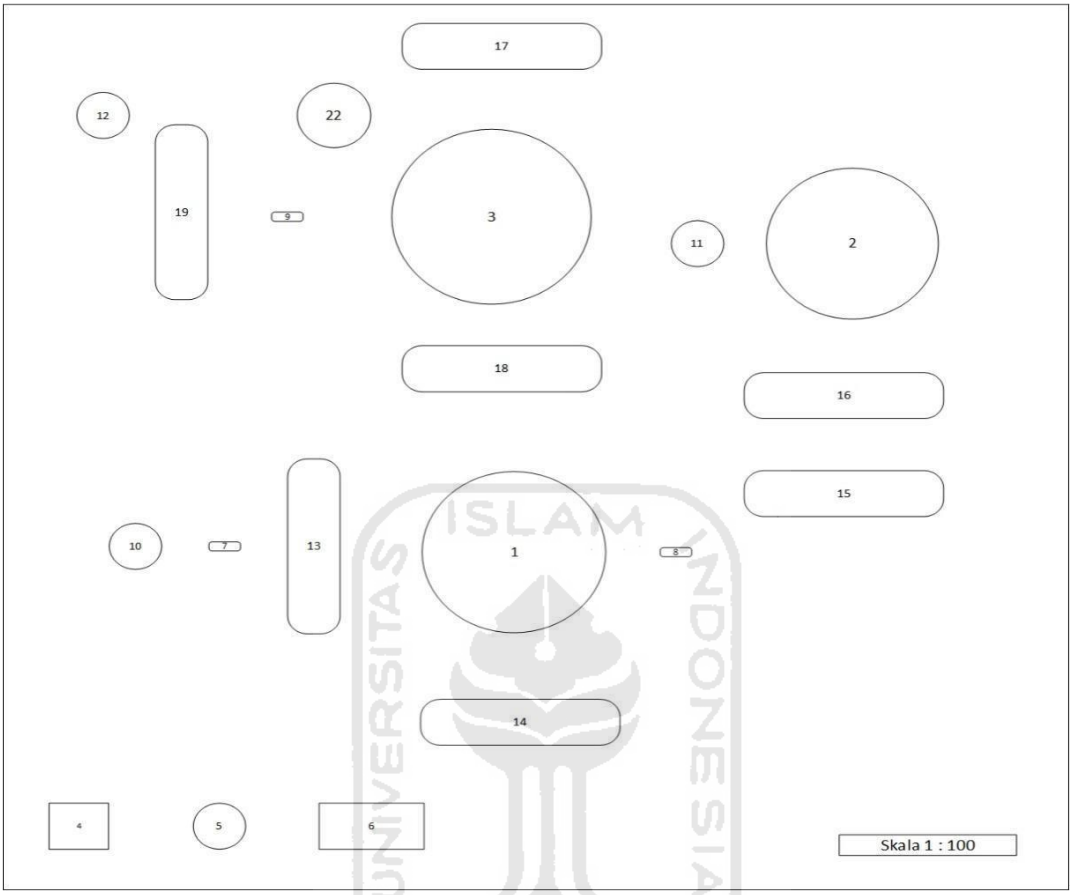
Pertimbangan Ekonomi

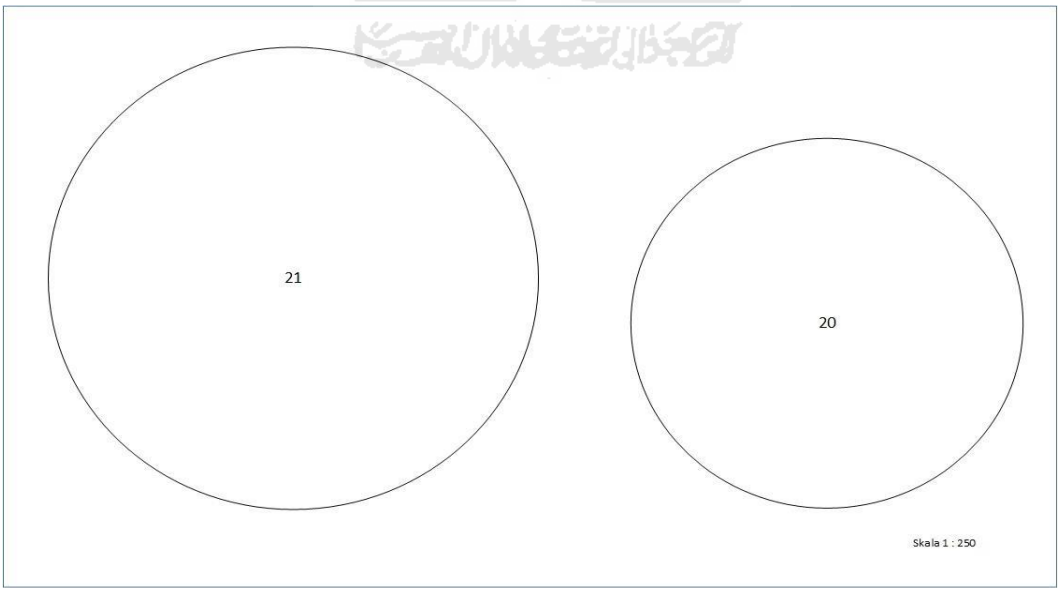
Dalam menempatkan alat-alat proses pada pabrik diusahakan agar dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran serta keamanan produksi pabrik sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi.

4.3.5 Jarak Antar Alat Proses

Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi tinggi, sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya.

Lay Out Alat Proses





Gambar 4.2 Tata Letak Alat Proses Pabrik Asam Akrilat

Keterangan gambar:

1. Reaktor (R-101)
2. Menara Absorbsi Asam Akrilat (T-101)
3. Menara Distilasi Asam Akrilat (T-102)
4. Filter (F-101)
5. Blower (BL-101)
6. Kompressor (C-101)
7. Kran Ekspansi (EV-101)
8. Kran Ekspansi (EV-102)
9. Kran Ekspansi (EV-103)
10. Pompa Propilen (P-101 A/B)
11. Pompa Umpan Menara (P-102 A/B)
12. Pompa Asam Akrilat (P-103 A/B)
13. Heater Propilen (E-101)
14. Heater Udara (E-102)
15. Cooler Produk Reaktor (E-103)
16. Cooler Umpan Menara (E-104)
17. Kondensor Asam Akrilat (E-105)
18. Reboiler Asam Akrilat (E-106)
19. Cooler Asam Akrilat (E-107)
20. Tangki Propilen (TK-101)
21. Tangki Asam Akrilat (TK-102)
22. Reflux Drum (V-101

4.4 Alir Proses dan Material

4.4.1 Neraca Massa per Alat

4.4.1.1 Reaktor *Fixed Bed Multitube* (R-101)

Tabel 4.3 Neraca massa reaktor *stage* 1

komponen	masuk	keluar
C3H6	2356.2019	58.9050
C3H8	20.8520	20.8520
O2	3467.2849	1686.3544
N2	13043.5957	13043.5957
H2O	4033.3214	5017.8771
C3H4O		3027.3518
CH3COOH		38.2614
CO2		28.0584
TOTAL	22921.2559	22921.2559

Tabel 4.4 Neraca massa reaktor *stage* 2

komponen	masuk	keluar
C3H6	58.9050	58.9050
C3H8	20.8520	20.8520
O2	1686.3544	836.1010
N2	13043.5957	13043.5957
H2O	5017.8771	5017.8771
C3H4O	3027.3518	51.4650
CH3COOH	38.2614	38.2614
C3H4O2		3826.1402
CO2	28.0584	28.0584
TOTAL	22921.2559	22921.2559

4.4.1.2 Menara Absorbsi Asam Akrilat (T-101)

Tabel 4.5 Neraca massa menara absorbs asam akrilat

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
		Atmosfer	Menara Distilasi
C3H6	58,9050	56.1778	2,7262
C3H8	20,8520	20.0015	0,8506
O2	836,1010	835.5694	0,5316
N2	13043,5957	12796.8732	246,7225
H2O	18316,9091	4699.4650	13617,441
C3H4O	51,4650	0	51,4650
CH3COOH	38,2614	0,1913	38.0701
C3H4O2	3826,1402	19,1307	3807,0095
CO2	28,0584	8,2933	19,7651
TOTAL	36220,2878	36220,2878	

4.4.1.1.1 Menara Distilasi Asam Akrilat (T-102)

Tabel 4.6 Neraca massa menara distilasi asam akrilat

Komposisi	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
		Hasil atas	Hasil bawah
C3H6	2,7262	2,7262	
C3H8	0,8506	0,8506	
O2	0,5316	0,5316	
N2	246,7225	246,7225	
H2O	13617,441	13616,5769	1,8641
C3H4O	51,4650	51,4650	
CH3COOH	38,0701	0,0100	38,0601
C3H4O2	3807,0095	1	3806,0095
CO2	19,7651	19,7651	
TOTAL	17784,5816	17784,5816	

4.4.1 Neraca Panas

Basis perhitungan : 1 jam

Suhu referensi : 25^{o}C

Satuan Operasi : kilojoule/jam (kJ/jam)

4.4.2.1 Propilen Heater (E-101)

Tabel 4.7 Neraca panas E-101

	Qin	Qout
Q1	783.943,25	
Q2		177.707.710,54
SUB TOTAL	783.943,25	177.707.710,54
Qs	176.923.767,29	
Total	177.707.710,54	177.707.710,54

4.4.2.2 Heater Udara (E-102)

Tabel 4.8 Neraca panas E-102

	Qin	Qout
Q1	135237.9299	
Q2		5553055.433
Qs	5417817.503	
Total	5553055.433	5553055.433
	Qin	Qout

4.4.2.3 Reaktor

Tabel 4.9 Neraca panas reaktor *stage* 1

Komponen	ΔH in (kJ/j)	ΔH out (kJ/j)
Propilen (C_3H_6)	1298120.8346	129163.0305
Propana ($C_3H_{8)}$	12905.8451	12905.8451
Oksigen (O_2)	909764.9147	1887341.7996
Nitrogen (N_2)	3765652.3764	3765652.3764
Air (H_2O)	2136230.0828	6595616.2534
Akrolein (C_3H_4O)	-	3413186.5248
Karbon Dioksida (CO_2)	-	29581.4774
Asam asetat ($C_2H_40_2$)	-	57771.3865
Panas Reaksi	1390758.6984	-
Panas yang Diambil	-	25404651.4458
Total	9513432.7521	9513432.7521

Tabel 4.10 Neraca panas Reactor *stage* 2

Komponen	ΔH in (kJ/j)	ΔH out (kJ/j)
Propilen (C3H6)	32453.0209	32453.0209
Propana (C3H8)	12905.8451	12905.8451
Oksigen (O2)	442474.7633	999427.4283
Nitrogen (N2)	3765652.3764	3765652.3764
Air (H2O)	2657695.5185	2657695.5185
Akrolein (C3H4O)	857584.5570	58024.1648
Karbon Dioksida (CO2)	7432.5306	7432.5306
Asam Asetat (C2H402)	0.0000	0.0000
Asam Akrilat (C3H4O2)		5870216.2220

Panas Reaksi	251734.8547	-

Lanjutan Tabel 4.10 Neraca panas Reactor *stage* 2

Panas yang Diambil	-	21431740.5730
Total	8027933.4665	8027933.4665

4.4.2.4 Cooler Produk Reaktor (E-103)

Tabel 4.11 Neraca panas E-103

	Qin	Qout
Q1	11866089.84	
Q2		17308428.69
SUB TOTAL	11866089.84	17308428.69
Qp		5442338.851
Total	11866089.84	11866089.84

4.4.2.5 Menara Absorbsi Asam Akrilat (T-101)

Tabel 4.13 Neraca panas menara absorbs asam akrilat

Komponen	Masuk	Keluar	
		Top	Bottom
	H, kJ/j	H, kJ/j	H, kJ/j
Propilen (C_3H_6)	8128.59	32351.78	-
Propana ($C_3H_{8)}$	3185.28	12677.41	-
Oksigen (O_2)	290255.14	290255.14	-
Nitrogen (N_2)	1113075.82	4011487.66	-
Air (H_2O)	5996364.52	-	1305483.28
Akrolein (C_3H_4O)	18639.54	18639.54	-

Karbon Dioksida (CO_2)	2074.76	8257.54	-
Asam Asetat ($C_2H_4O_2$)	0.00	-	28034.92
Asam Akrilat (C3H4O2)	1490973.68		2713584.56
Panas Masuk 1	3700764.21	-	-

Lanjutan Tabel 4.13 Neraca panas menara absorbs asam akrilat

Panas Masuk 2	5221933.10	-	-
Panas Keluar	-	8420771.82	
Panas yang Diambil	-	17343469.13	
Total	8922697.32	8922697.32	

4.4.2.6 Menara Distilasi Asam Akrilat (T-102)

Tabel 4.14 Neraca panas menara distilasi asam akrilat (T-102)

Komponen	Masuk	Keluar	
		Destilat	Bottom
	H, kJ/j	H, kJ/j	H, kJ/j
Propilen (C_3H_6)	31242,7809	29426,4872	0,00
Propana ($C_3H_{8)}$	15745,2701	14838,5371	0,00
Oksigen (O_2)	353,0985	328,3688	0,0000
Nitrogen (N_2)	6045,7677	5631,8915	0,0000
Air (H_2O)	24994258,8882	23758513,8849	908,9072
Asam Akrilat (C3H4O2)	3416162,7623	169,3807	6361265,8086
Asam Asetat ($C_2H_4O_2$)	35293,2580	17765,3038	30798,1142
Akrolein (C_3H_4O)	3482,4481	3299,7224	0,0000
Karbon Dioksida (CO_2)	91,2199	82,2683	0,0000
Reboiler	214273325,33	-	-
Kondensor	-	212552972,15	

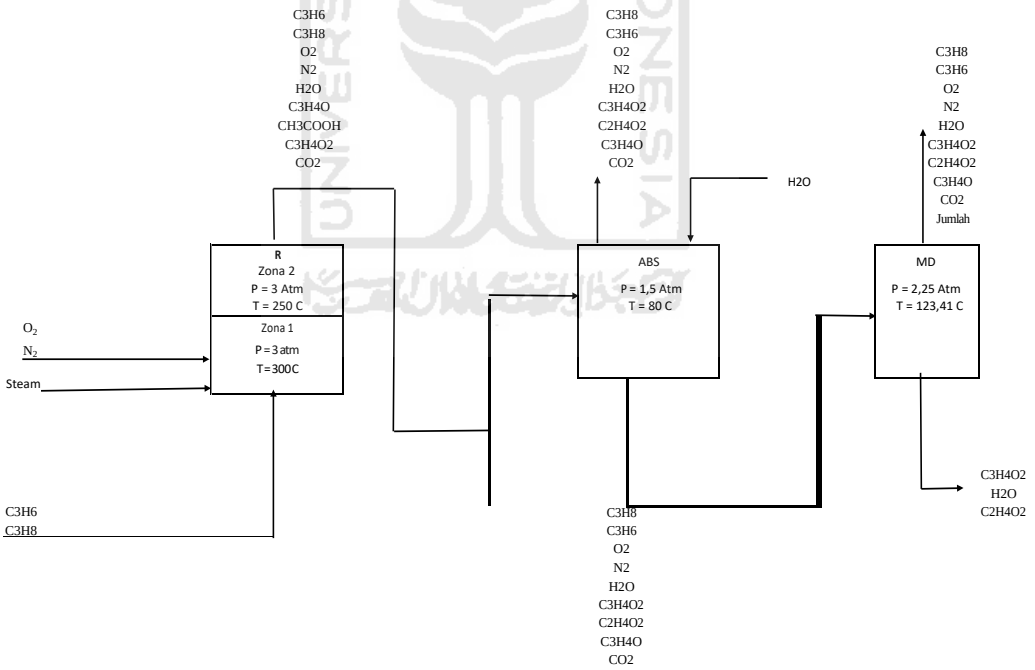
Panas yang diambil	-	455328972,98
Total	242776000,83	242776000,83

4.4.2.7 Cooler (E-106)

Tabel 4.15 Neraca panas E-106

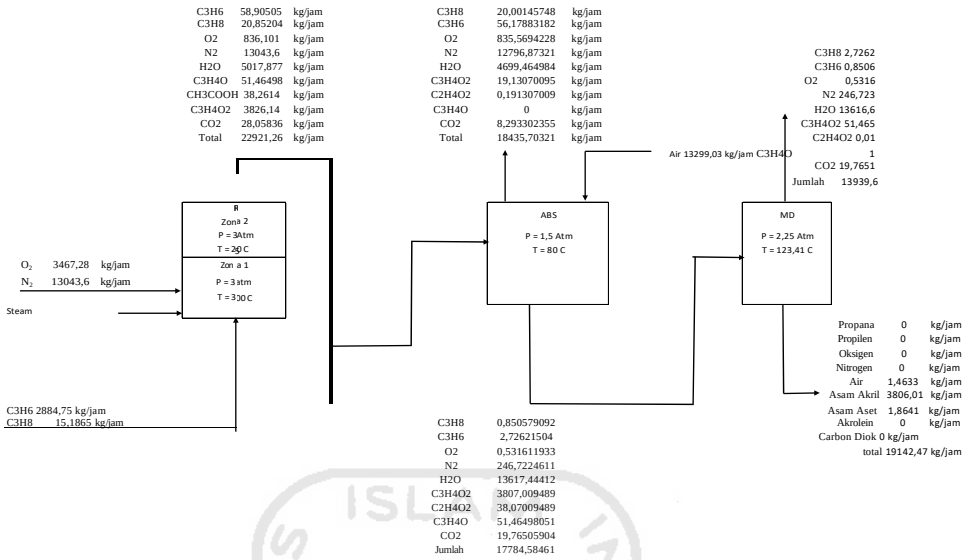
Komponen	Qin	Qout
Q1	872866.90	
Q2		20434.35
SUB TOTAL	872866.90	20434.35
Qp		852432.55
Total	872866.90	872866.90

4.4.2 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 4.3 Diagram alir kualitatif pabrik asam akrilat

4.4.3 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 4.4 Diagram alir kuantitaif pabrik asam akrilat

4.4.5 Perawatan (*Maintenance)*

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

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

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

a. *Over head* 1 x 1 tahun

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

b. Repairing

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

Faktor-faktor yang mempengaruhi *maintenance*:

1. Umur alat

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

2. Bahan baku

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

3. Tenaga manusia

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

4.5 Pelayanan Teknik (Utilitas)

Unit utilitas adalah salah satu bagian yang sangat penting dalam menunjang jalannya proses produksi pada suatu industri kimia. Suatu proses produksi dalam suatu pabrik tidak akan berjalan lancar dengan baik jika tidak terdapat utilitas. Karena itu utilitas memegang peranan penting dalam pabrik. Perancangan diperlukan agar dapat menjamin kelangsungan operasi suatu pabrik.

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

a. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
b. Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)
c. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
d. Unit Penyedia Udara Instrumen (*Instrument Air System*)

e. Unit Penyediaan Bahan Bakar

f. Unit Pengolahan Limbah atau Air Buangan.

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

4.5.1.1 Unit Penyediaan Air

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

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

Air yang diperlukan di lingkungan pabrik digunakan untuk:

1. Air pendingin

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

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

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

Uap atau *steam* dalam pabrik digunakan sebagai media pemanas. Air umpan *boiler* disediakan dengan *excess* 20%. *Excess* merupakan pengganti *steam* yang

hilang karena kebocoran transmisi 10% serta faktor keamanan sebesar 20%. Sehingga kebutuhan air umpan *boiler* yang diperoleh dari perhitungan adalah sebanyak 107006 kg/jam. Air yang digunakan untuk *boiler* harus memenuhi persyaratan agar air tidak merusak *boiler*. Berikut adalah persyaratan air umpan boiler menurut *Perry's* edisi 6, halaman 976:

Tabel 4.16 Syarat air umpan boiler

Parameter	Total (ppm)
Total padatan (*total dissolved solid)*	3.500
Alkanitas	700
Padatan terlarut	300
Silika	60 – 100
Besi	0.1
Tembaga	0.5
Oksigen	0,007
Kesadahan	0
Kekeruhan	175
Minyak	7
Residu fosfat	140

Berikut adalah prasyarat air umpan *boiler*:

a. Tidak membuih (berbusa)

Busa disebabkan adanya *solid matter*, *suspended matter*, dan kebasaan yang tinggi. Berikut adalah kesulitan yang dihadapi dengan adanya busa:

- Kesulitan dalam pembacaan tinggi liquid dalam *boiler*.
- Buih dapat menyebabkan percikan yang kuat dan dapat mengakibatkan penempelan padatan yang menyebabkan terjadinya korosi apabila terjadi pemanasan lanjut.

Untuk mengatasi hal – hal berikut maka diperlukan pengontrolan terhadap kandungan lumpur, kerak, dan alkanitas air umpan *boiler*.

b. Tidak membentuk kerak dalam *boiler*

Kerak dalam *boiler* dapat menyebabkan hal – hal berikut:

- Isolasi terhadap panas sehingga proses perpindahan panas terhambat.
- Kerak yang terbentuk dapat pecah sehingga dapat menimbulkan kebocoran.

c. Tidak menyebabkan korosi pada pipa

Korosi pada pipa disebabkan oleh pH rendah, minyak dan lemak, bikarbonat, dan bahan organik serta gas – gas H2S, SO2, NH3, CO2, O2, yang terlarut dalam air. Reaksi elektro kimia antar besi dan air akan membentuk lapisan pelindung anti korosi pada permukaan baja.

Jika terdapat oksigen dalam air, maka lapisan hidrogen yang terbentuk akan bereaksi dan membentuk air. Akibat hilangnya lapisan pelindung tersebut maka terjadi korosi menurut reaksi berikut:

$$4H^{+} + O_2 \longrightarrow 2H_2O$$

$$4Fe(OH)_2 + O_2 + H_2O \longrightarrow 4Fe(OH)_3$$

Bikarbonat dalam air akan membentuk CO2 yang bereaksi dengan air karena pemanasan dan tekanan. Reaksi tersebut menghasilkan asam karbonat yang dapat bereaksi dengan metal dan besi membentuk garam bikarbonat. Adanya pemanasan garam bikarbonat menyebabkan pembentukan CO2 kembali.

Berikut adalah reaksi yang terjadi:

$$Fe^{2+} + 2H_2CO_3 \longrightarrow Fe(HCO)_2 + H_2$$

$$Fe(HCO)_2 + H_2O + panas \longrightarrow Fe(OH)_2 + 2H_2O + 2CO_2$$

3. Air sanitasi.

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

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

4.5.1.2 Unit Pengolahan Air

Tahapan - tahapan pengolahan air adalah sebagai berikut :

1. Clarifier

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

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

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

a. $Al_2(SO_4)_3.18H_2O$, yang berfungsi sebagai flokulan.
b. Na_2CO_3, yang berfungsi sebagai flokulan.

Air baku dimasukkan ke dalam *clarifier* untuk mengendapkan lumpur dan partikel padat lainnya, dengan menginjeksikan alum ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$), koagulan acid sebagai pembantu pembentukan flok dan NaOH sebagai pengatur pH. Air baku ini dimasukkan melalui bagian tengah *clarifier* dan diaduk dengan agitator. Air bersih keluar dari pinggir *clarifier* secara *overflow*, sedangkan *sludge* (flok) yang terbentuk akan mengendap secara gravitasi dan di *blowdown* secara berkala dalam waktu yang telah ditentukan. Air baku yang mempunyai *turbidity* sekitar 42 ppm diharapkan setelah keluar *clarifier turbidity*nya akan turun menjadi lebih kecil dari 10 ppm.

2. Penyaringan

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

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

3. Demineralisasi

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

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

a. *Cation Exchanger*

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

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

Reaksi:

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

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

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

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

Reaksi:

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

b. *Anion Exchanger*

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

Reaksi:

$$CO_3^- \longrightarrow CO_3$$

$$Cl^- + RNOH \longrightarrow RN\,Cl^- + OH^-$$

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

Reaksi:

$$RN\ Cl^- + NaOH \longrightarrow RNOH + NaCl$$

c. Deaerasi

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

Reaksi:

$$2N_2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O + 2N_2$$

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

4.5.1.3 Kebutuhan Air

1. Kebutuhan air pembangkit steam

Tabel 4.1.7 Kebutuhan Steam

Nama Alat	**Kode**	**Jumlah (kg/jam)**
Reboiler		107006.09
Heater	HE-01	7020.66
Heater	HE-02	3727.88
Total		117754.63

Air pembangkit *steam* 80% dimanfaatkan kembali, maka *make up* yang diperlukan 20%, sehingga *make up steam*

= 141305.5502kg/jam

2. Kebutuhan air proses

Tabel 4.1.5 Kebutuhan Air Proses

Nama Alat	**Kode**	**Jumlah (kg/jam)**
Reaktor		**145133.4595**
ABS		13299.0320
Condenser		976770.5038
Cooler	C-01	2924.5481
Cooler	C-02	3526.4973
Cooler	C-03	1857.3776
Total		1143511.4184

Perancangan dibuat *over design* sebesar 20%, maka kebutuhan air proses sebesar 1372213.7020 Kg//jam

3. Total kebutuhan air

a. Kebutuhan air domestik

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

Jumlah karyawan = 120 orang.

Sehingga kebutuhan air karyawan yaitu sebesar 618,0755 kg/jam. Pabrik merencanakan mendirikan mess sebanyak 20 rumah dan perkiraan kebutuhan air untuk mess sebesar 3333,3333 kg/jam.

Sehingga kebutuhan air domestik yaitu sebesar 3951,4089 kg/jam

b. Kebutuhan air *service water*

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

Kebutuhan Kebutuhan air *service water*

No	Keperluan	Jumlah (kg/jam)
1	**Cooling Water**	**1373011.5469**
2	**Untuk Steam**	**141305.5502**
3	**Domestik Water**	**3951.4089**
4	**Service Water**	**1000.0000**
Total	1519268.5060	

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

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

Kapasitas : 364.897.999 kg/jam

Jenis : *Fire Tube Boiler*

Jumlah : 1 buah

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

Air dari *water treatment plant* yang akan digunakan sebagai umpan *boiler* terlebih dahulu diatur kadar silika, O_2, Ca dan Mg yang mungkin masih terikut dengan jalan menambahkan bahan - bahan kimia ke dalam *boiler feed water tank*. Selain itu juga perlu diatur pHnya yaitu sekitar 10,5 – 11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi korosivitasnya tinggi.

Sebelum masuk ke *boiler*, umpan dimasukkan dahulu ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran

minyak residu yang keluar dari *boiler*. Di dalam alat ini air dinaikkan temperaturnya hingga 150˚C, kemudian diumpankan ke *boiler*.

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

4.5.3 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

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

Generator menggunakkan solar dan udara yang di tekan untuk menghasilkan panas. Panas yang dihasilkan digunakan untuk memutar poros engkol sehingga generator dapat menghasilkan energi listrik. Listrik tersebut didistribusi menggunakan panel. Energi listrik dari generator digunkaan sebagai sumber listrik utama untuk penerangan dan menggerakkan alat proses ketika listrik padam.

Berikut adalah spesifikasi generator yang digunakan:

Kapasitas : 600 kWh

Jenis : AC Generator

Jumlah 1

a. Kebutuhan listrik proses

- Peralatan Proses

Tabel 4.20 Kebutuhan listrik alat proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	**Watt**
Blower	BL	5	3728.5000
Kompresor	K-01	30	21163.9401
Pompa-01	PU-01	0.125	90.0416
Pompa-02	PU-02	0.75	546.8359
Pompa-03	PU-03	0.166	109.9291
Total		**34.3828**	**25,639.2467**

- Peralatan Utilitas

Tabel 4.21 Kebutuhan listrik alat utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	**Watt**
Bak Penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi)		2	1491.4000
Blower Cooling Tower		5	3728.5000
Kompresor		5	3728.5000
Pompa-01	PU-01	40	25771.9796
Pompa-02	PU-02	30	21841.4413
Pompa-08	PU-08	0.5	282.9874
Pompa-09	PU-09	0.5	282.9874
Pompa-10	PU-10	0.25	145.6060
Pompa-11	PU-11	0.25	145.6060
Pompa-12	PU-12	25	16968.5529

Pompa-13	PU-13	25	16968.5529
Pompa-14	PU-14	25	16968.5529
Pompa-15	PU-15	0.05	0.5008

Lanjutan Tabel 4.21 Kebutuhan listrik alat utilitas

Pompa-16	PU-16	5	2478.8564
Pompa-17	PU-17	0.05	0.3338
Pompa-18	PU-18	5	2478.8564
Pompa-19	PU-19	0.05	1.0404
Pompa-20	PU-20	5	2478.8564
Total	**294,15**	**196,068.5772**	

Kebutuhan listrik alat lainnya

- Kebutuhan listrik alat kontrol dan penerangan adalah 5% dari kebutuhan listrik alat proses dan utilitas yaitu sebesar 11,0925 kWh
- Kebutuhan listrik laboratorium, bengkel dan instrumentasi adalah 25% dari kebutuhan listrik alat proses dan utilitas yaitu sebesar 55,4623 kWh

Total kebutuhan listrik pabrik asam akrilat ini adalah sebesar 354,9589 kWh. Beban listrik dari generator adalah sebesar 1320 kWh dengan faktor daya 80%.

4.5.4 Unit Penyediaan Udara Tekan

Udara tekan diperlukan untuk pemakaian alat *pneumatic control*. Total kebutuhan udara tekan diperkirakan 33984 m^3/jam.

4.5.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Bahan bakar digunakan untuk keperluan pembakaran pada boiler dan diesel untuk generator pembangkit listrik. Bahan bakar boiler menggunakan solar sebanyak 62.082,6186 kg/jam. Bahan bakar diesel menggunakan minyak solar sebanyak 129,7896 kg/jam. Total kebutuhan bahan bakar sebesar 62.212,4082 kg/jam.

4.5.6 Unit Pengolahan Limbah

Limbah yang dihasilkan oleh pabrik asam akrilat ini adalah berupa limbah cair. Limbah cair yang dihasilkan pabrik asam akrilat ini berupa cairan yang terdiri dari campuran air dan pengotor lainnya. Cairan tersebut mengadung senyawa propilen, asam asetat, CO_2 dan akrolein yang larut. Sebelum limbah cair dibuang, dilakukan beberapa *treatment*. Berikut adalah uraian dari *treatment* yang digunakan:

- *Pre-Treatment*

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

- *Treatment* Pertama

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

- *Treatment* Kedua

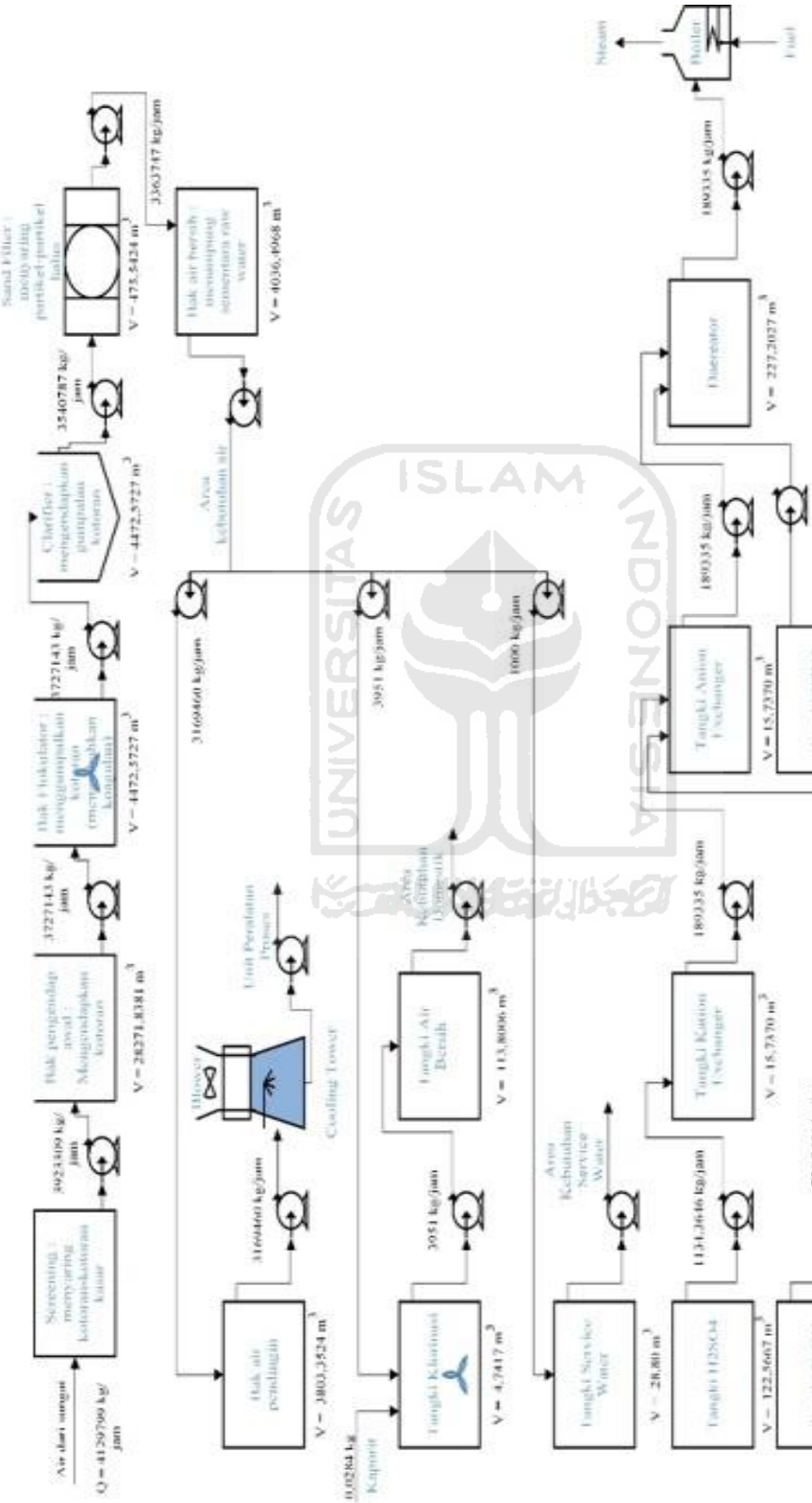
  Treatment kedua dilakukan jika limbah cair memiliki pH tidak netral. Proses penetralan dilakukan dengan cara menambahkan senyawa kimia yang dapat menetralkan atau dengan menambahkan air pada limbah cair tersebut.

- *Treatment* Ketiga

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

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

4.5.7 Diagram Alir Air Utilitas



Gambar 4.5 Diagram alir air utilitas

4.6 Organisasi Perusahaan

4.6.1 Bentuk Perusahaan

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

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

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

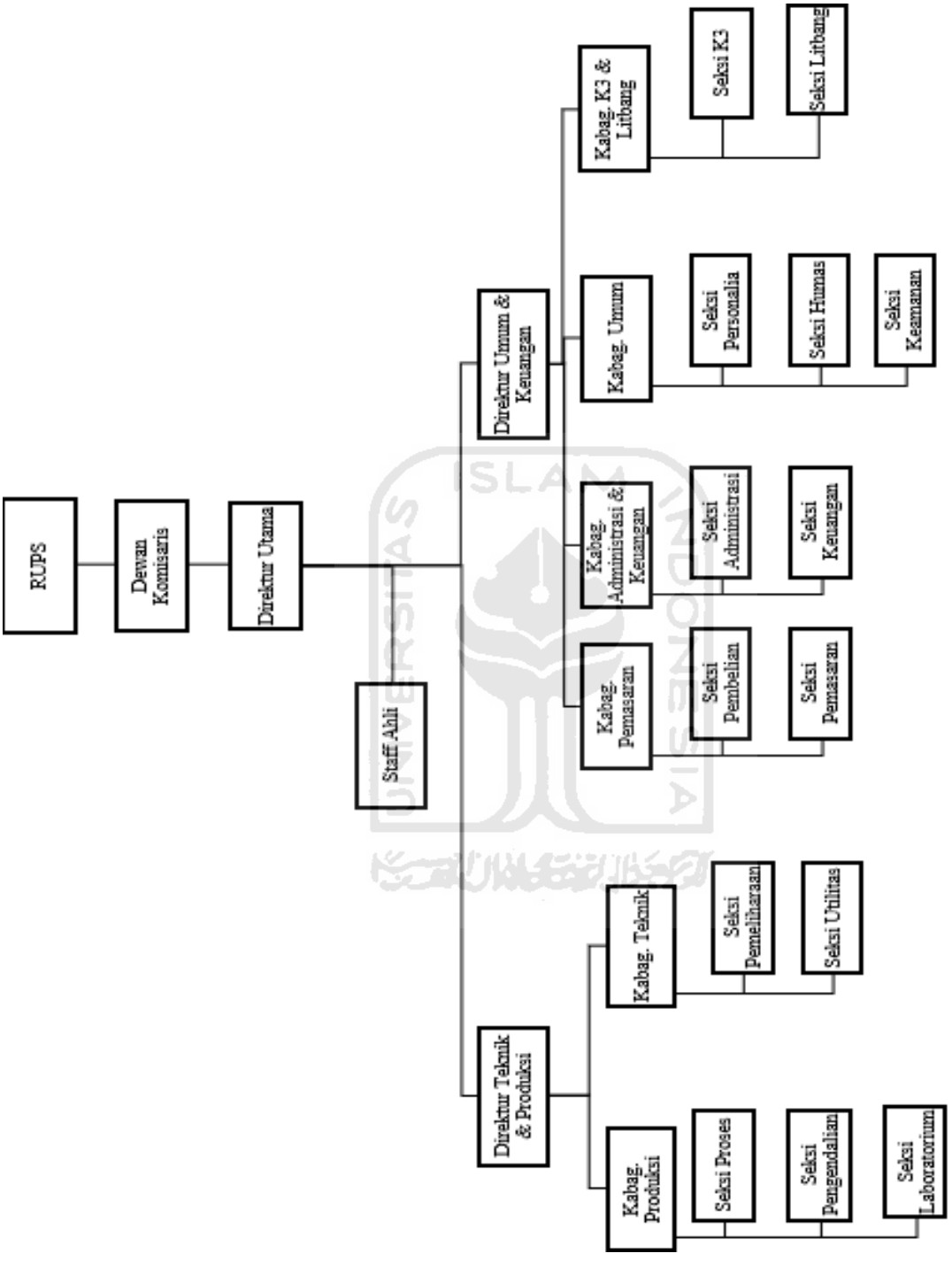
4.6.2 Struktur Oganisasi

Dalam rangka menjalankan suatu proses pabrik dengan baik dalam hal ini di suatu perusahaan, diperlukan suatu manajemen atau organisasi yang memiliki pembagian tugas dan wewenang yang baik. Struktur organisasi yang tersusun rapi dan terorganisasi dengan baik akan berpengaruh pada setiap proses di pabrik sehingga dapat berjalan dengan lancer serta pembagian tugas dan wewenang dari karyawan dapat dilaksanakan dengan baik. Struktur organisasi dari suatu perusahaan dapat bermacam-macam sesuai dengan bentuk dan kebutuhan dari masing-masing perusahaan. Jenjang dan jabatan kepemimpinan dalam perusahaan ini adalah sebagai berikut:

1. Pemegang saham

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

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



Gambar 4.6 Struktur organisasi perusahaan

4.6.3 Tugas dan Wewenang

4.6.3.1 Pemegang saham

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

Pada rapat umum tersebut para pemegang saham:

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

4.6.3.2 Dewan Komisaris

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

Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi :

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

b. Melaksanakan pembinaan dan pengawasan terhadap seluruh kegiatan dan pelaksanaan tugas direktur,
c. Membantu direktur utama dalam hal-hal penting

4.6.3.3 Direktur Utama

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

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

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

Berikut tugas-tugasnya adalah:

1. Direktur Teknik dan Produksi

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

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

   a. Kepala Bagian Produksi

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

b. Kepala Bagian Teknik

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

2. Direktur Keuangan dan Umum

Direktur Keuangan dan Umum bertanggung jawab langsung kepada Direktur Utama. Tugasnya memimpin segala pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang administrasi, personalia, keuangan, pemasaran, humas, keamanan, dan keselamatan kerja.

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

a. Kepala Bagian Pemasaran

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

b. Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan

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

Administrasi dan Keuangan dibantu oleh dua Seksi, yaitu Seksi Administrasi dan Seksi Keuangan.

c. Kepala Bagian Umum

Kepala Bagian Umum bertanggung jawab langsung kepada Direktur Keuangan dan Umum. Tugasnya adalah mengkoordinasi segala pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang personalia, humas dan keamanan. Dalam menjalankan tugasnya, Kepala Bagian Umum dibantu oleh tiga Seksi, yaitu Seksi Personalia, Seksi Humas dan Seksi Keamanan.

d. Kepala Bagian K3 dan Litbang

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

4.6.3.4 Staff Ahli

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

4.6.3.5 Pembagian Jam kerja Karyawan

Pabrik Pembuatan asam akrilat ini direncanakan beroperasi selama 330 hari dalam setahun dan 24 jam dalam sehari. Sisa hari yang tidak termasuk hari libur, digunakan untuk perawatan dan *shut down*. Berikut adalah dua golongan pembagian jam kerja karyawan:

a. Karyawan non shift

Karyawa non shift merupakan karyawan yang tidak menangani secara langsung proses produksi. Karyawan non shift meliputi manajer, staff ahli, kepala bidang, kepala divisi serta bawahan yang berada di kantor. Karyawan harian bekerja selama 5 hari selama seminggu dengan pembagian kerja sebagai berikut:

Jam kerja : Senin – Jumat pukul 07.00 – 16.00

Jam istirahat : Senin – Kamis pukul 12.00 – 13.00
Jumat pukul 11.30 – 13.30

b. Karyawan Shift

Karyawan shift merupakan karyawan yang menangani secara langsung proses produksi atau mengatur bagian tertentu dari pabrik yang berhubungan dengan keamanan dan kegiatan produksi. Sebagian dari bagian teknik, bagian gudang, dan beberapa bagian lain harus siaga demi keselamatan dan keamanan pabrik. Karyawan shift akan bekerja secara bergantian sehari semalam, dengan pembagian shift sebagai berikut:

Shift pagi : pukul 07.00 – 15.00
Shift siang : pukul 15.00 – 23.00
Shift malam : pukul 23.00 – 07.00

Karyawan shift dibagi menjadi 4 regu, dimana 3 regu bekerja dan 1 regu istirahat dan dilakukan secara bergantian. Tiap regu memiliki tiga hari kerja dan satu hari libur. Untuk hari libur atau hari besar yang ditetapkan pemerintah, regu yang masuk tetap harus masuk bekerja melaksanakan kewajibannya. Tabel jadwal kerja masing-masing tegu dapat dilihat pada Tabel 4.23

Tabel 4.23 jadwal regu karyawan shift.

Regu / Hari	I	II	III	IV
1	P	S	M	L
2	P	S	L	M
3	P	L	S	M

Lanjutan Tabel 4.23 jadwal ragu karyawan shift

4	L	P	S	M
5	M	P	S	L
6	M	P	L	S
7	M	L	P	S
8	L	M	P	S
9	S	M	P	L
10	S	M	L	P

Keterangan:

P = Pagi

S = Siang

M = Malam

L = Libur

4.6.3.6 Ketenagakerjaan

a. Cuti Tahunan

Karyawan memiliki hak cuti tahunan selama 12 hari setiap tahun. Apabila dalam kurun waktu satu tahun hak cuti tersebut tidak dipergunakan, maka hak untuk tahun tersebut dianggap hilang.

b. Hari Libur Nasional

Untuk karyawan harian (non shift), hari libur nasional dihitung sebagai hari libur kerja. Sedangkan bagi karyawan shift, hari libur nasional dihitung sebagai kerja lembur (*overtime*). Dari jam kerjanya dengan besarnya sesuai dengan peraturan perusahaan.

Daftar gaji karyawan perusahaan ini ditunjukkan pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24 daftar gaji karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji (/orang/bulan)	Gaji (/bulan)	Gaji (/tahun)
1.	Direktur Utama	1	Rp30,000,000	Rp30,000,000	Rp360,000,000
2.	Direktur Produksi & Teknik	1	Rp25,000,000	Rp25,000,000	Rp300,000,000
3.	Direktur Keuangan & Umum	1	Rp25,000,000	Rp25,000,000	Rp300,000,000
4.	Staff Ahli	1	Rp20,000,000	Rp20,000,000	Rp240,000,000
5.	Ka. Bag. Produksi	1	Rp20,000,000	Rp20,000,000	Rp240,000,000
6.	Ka. Bag. Teknik	1	Rp20,000,000	Rp20,000,000	Rp240,000,000
7.	Ka. Bag. Pemasaran	1	Rp15,000,000	Rp15,000,000	Rp180,000,000
8.	Ka. Bag. Keuangan dan administrasi	1	Rp15,000,000	Rp15,000,000	Rp180,000,000
9.	Ka. Bag. Umum	1	Rp15,000,000	Rp15,000,000	Rp180,000,000
10.	Ka. Bag. K3 & Litbang	1	Rp15,000,000	Rp15,000,000	Rp180,000,000
11.	Ka. Sek. Proses	1	Rp15,000,000	Rp15,000,000	Rp180,000,000
12.	Ka. Sek. Pengendalian	1	Rp15,000,000	Rp15,000,000	Rp180,000,000
13.	Ka. Sek. Laboratorium	1	Rp15,000,000	Rp15,000,000	Rp180,000,000
14.	Ka. Sek. Pemeliharaan	1	Rp15,000,000	Rp15,000,000	Rp180,000,000
15.	Ka. Sek. Utilitas	1	Rp15,000,000	Rp15,000,000	Rp180,000,000
16.	Ka. Sek. Pembelian	1	Rp10,000,000	Rp10,000,000	Rp120,000,000
17.	Ka. Sek. Pemasaran	1	Rp10,000,000	Rp10,000,000	Rp120,000,000

Lanjutan Tabel 4.24 Gaji Karyawan

18.	Ka. Sek. Administrasi	1	Rp10,000,000	Rp10,000,000	Rp120,000,000
19.	Ka. Sek. Kas	1	Rp10,000,000	Rp10,000,000	Rp120,000,000
20.	Ka. Sek. Personalia	1	Rp10,000,000	Rp10,000,000	Rp120,000,000
21.	Ka. Sek. Humas	1	Rp10,000,000	Rp10,000,000	Rp120,000,000
22.	Ka. Sek. Keamanan	1	Rp10,000,000	Rp10,000,000	Rp120,000,000
23.	Ka. Sek. K3	1	Rp10,000,000	Rp10,000,000	Rp120,000,000
24.	Ka. Sek. Litbang	1	Rp10,000,000	Rp10,000,000	Rp120,000,000
25.	Karyawan Proses	8	Rp6,000,000	Rp48,000,000	Rp576,000,000
26.	Karyawan Pengendalian	4	Rp6,000,000	Rp24,000,000	Rp288,000,000
27.	Karyawan Laboratorium	4	Rp6,000,000	Rp24,000,000	Rp288,000,000
28.	Karyawan Pemeliharaan	6	Rp6,000,000	Rp36,000,000	Rp432,000,000
29.	Karyawan Utilitas	6	Rp6,000,000	Rp36,000,000	Rp432,000,000
30.	Karyawan Pembelian	4	Rp5,000,000	Rp20,000,000	Rp240,000,000
31.	Karyawan Pemasaran	4	Rp5,000,000	Rp20,000,000	Rp240,000,000
32.	Karyawan Administrasi	3	Rp5,000,000	Rp15,000,000	Rp180,000,000
33.	Karyawan Kas	3	Rp5,000,000	Rp15,000,000	Rp180,000,000
34.	Karyawan Personalia	3	Rp5,000,000	Rp15,000,000	Rp180,000,000
35.	Karyawan Humas	3	Rp5,000,000	Rp15,000,000	Rp180,000,000
36.	Karyawan Keamanan	6	Rp4,000,000	Rp24,000,000	Rp288,000,000
37.	Karyawan K3	4	Rp4,000,000	Rp16,000,000	Rp192,000,000

Lanjutan Tabel 4.24 Gaji Karyawan

38.	Karyawan Litbang	3	Rp4,000,000	Rp12,000,000	Rp144,000,000
39.	Operator	20	Rp6,000,000	Rp120,000,000	Rp1,440,000,000
40.	Supir	4	Rp4,200,000	Rp16,800,000	Rp201,600,000
41.	Librarian	1	Rp4,500,000	Rp4,500,000	Rp54,000,000
42.	*Cleaning service*	5	Rp4,200,000	Rp21,000,000	Rp252,000,000
43.	Dokter	2	Rp8,000,000	Rp16,000,000	Rp192,000,000
44.	Perawat	3	Rp4,500,000	Rp13,500,000	Rp162,000,000
Total		120	Rp468,400,000	Rp876,800,000	Rp10,521,600,000

4.6.3.7 Fasilitas Karyawan

Untuk meningkatkan produktifitas karyawan, perusahaan menyediakan fasilitas yang memadai. Adanya fasilitas dalam perusahaan diharapkan dapat 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:

1. Poliklinik

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

2. Pakaian kerja

   Perusahaan memberikan dua pasang pakaian kerja setiap tahunnya kepada semua karyawan untuk menghindari kesejangan antarkaryawan. Selain itu, perusahaan menyediakan masker sebagai alat pengaman kerja.

3. Makan dan minum

   Makan dan minum disediakan sebanyak satu kali sehari oleh perusahaan, yang direncanakan akan dikelola oleh perusahaan *catering* yang ditunjuk perusahaan.

4. Koperasi

   Untuk mempermudah karyawan dalam hal simpan pinjam, memenuhi kebutuhan pokok, perlengkapan rumah tangga dan kebutuhan lainnya, disediakan koperasi karyawan.

5. Tunjangan hari raya (THR)

   THR diberikan sebesar nilai satu bulan gaji kepada karyawan setiap tahunnya saat menjelang hari raya Idul Fitri.

6. Jamsostek

   Perusahaan menyediakan jamsostek sebagai asuransi pertanggungan jiwa dan asuransi kecelakaan kerja bagi karyawan.

7. Tempat ibadah

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

8. Transportasi

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

9. Hak cuti

   Hak cuti yang diberikan kepada karyawan meliputi dua cuti, antara lain:

   a. Cuti tahunan, yang diberikan kepada karyawan setiap tahunnya selama 12 hari.

b. Cuti masal, yang diberikan kepada karyawan saat hari raya Idul Fitri selama 4 hari.

4.7 Evaluasi Ekonomi

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

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

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

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

c. Biaya tak pasti/mengambang (*Regulated Cost*)

4.7.1 Penaksiran Harga Peralatan

Setiap tahunnya, harga alat yang menunjang proses produksi pabrik selalu mengalami perubahan karena terpengaruh kondisi ekonomi. Harga peralatan proses produksi pada tahun rencana pendirian pabrik yaitu tahun 2025 ditentukan menggunakan index harga alat pada tahun tersebut. Index harga pada tahun analisa yaitu tahun 2020 dapat ditentukan menggunakan regresi linear terhadap index harga tahun sebelumnya, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27 index Harga

Tahun	Index
1987	324,000
1988	343,000
1989	355,000
1990	356,000
1991	361,300
1992	358,200
1993	359,200
1994	368,100
1995	381,100
1996	381,700
1997	386,500
1998	389,500
1999	390,600
2000	394,100
2001	394,300
2002	395,600
2003	402,000

Lanjutan Tabel 4.27 index Harga

2004	444,200
2005	468,200
2006	499,600
2007	525,400
2008	575,400
2009	521,900
2010	550,800
2011	585,700
2012	584,600
2013	567,300
2014	576,100
2015	556,800

(Sumber: chemengonline.com/pci)

Berdasarkan data di atas, diperoleh persamaan regresi linear:

y = 9,878x -19325

Rencana pendirian pabrik Asam Akrilat dengan kapasitas 30.000 ton/tahun ini adalah tahun 2025. Dengan mengganti nilai x menjadi 2025 menggunakan persamaan di atas, maka diperoleh index harga pada tahun 2025 (y) adalah 677,950.

Harga alat dan lainnya dihitung pada tahun evaluasi. Harga alat dan lainnya menggunakan referensi dari situs www.matche.com. Persamaan yang digunakan untuk menghitung harga alat pada tahun evaluasi yaitu:

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

(Sumber: Aries & Newton, 1955)

Keterangan:

Ex = harga pembelian pada tahun x

Ey = harga pembelian pada tahun referensi

Nx = index harga pada tahun pembelian

Ny = index harga pada tahun referensi

4.7.2 Dasar perhitungan

Kapasitas produksi	= 30.000 ton/tahun
Satu tahun produksi	= 330 hari
Umur pabrik	= 10 tahun
Pabrik didirikan pada tahun	= 2025
Kurs mata uang	= 1 US$ = Rp 14.800
Harga bahan baku (propilen)	= Rp 1.752.331.726.899/tahun
Harga bahan pembantu	
Katalis (*Iron Molybdenum Oxyde*)	= Rp 247.539.936.461/tahun
Harga jual	= Rp 4.275.472.500.000/tahun

4.7.3 Perhitungan Biaya

4.7.3.1 Capital Investment

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

Capital *investment* terdiri dari:

a. Fixed Capital Investment

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

b. Working Capital Investment

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

4.7.3.2 Manufacturing Cost

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

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

a. Direct Cost

Direct Cost adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

b. Indirect Cost

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

c. Fixed Cost

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

4.7.3.3 General Expense

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

4.7.4 Analisa Kelayakan

Studi kelayakan dari pabrik asam akrilat dari propilen ini dapat dilihat dari parameter – parameter ekonomi. Pabrik ini dikategorikan sebagai pabrik dengan resiko rendah (*low risk*) dengan pertimbangan bahwa teknologi yang digunakan sudah ada sebelumnya dan pabrik asam akrilat sudah ada di Indonesia. Selain itu, temperatur maksimum proses dalam pabrik ini sebesar 300^{o}C dan tekanan yang digunakan relatif rendah. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan adalah:

4.7.4.1 *Percent Return On Investment* (ROI)

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

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

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

4.7.4.2 *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.

$$\text{POT} = \frac{\textit{Fixed}\ \text{Capital Investment}}{(\text{Pr}\ \textit{ofit} + \text{Depresiasi})}$$

4.7.4.3 *Break Even Point* (BEP)

Break Even Point (BEP) adalah:

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

d. Nilai BEP pada umumnya memiliki nilai berkisar 40% - 60%.

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

Dalam hal ini:

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

4.7.4.4 *Shut Down Point* (SDP)

Shut Down Point (SDP) adalah:

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

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

4.7.4.5 *Discounted Cash Flow Rate Of Return* (DCFRR)

Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFRR) adalah:

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

Persamaan untuk menentukan DCFRR :

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

Dimana:

FC : *Fixed capital*

WC : *Working capital*

SV : *Salvage value*

C : *Cash flow*

: *profit after taxes + depresiasi + finance*

n : Umur pabrik = 10 tahun

I : Nilai DCFRR

4.7.5 Hasil Perhitungan

Perhitungan rencana pendirian pabrik asam akrilat ini memerlukan rencana perhitungan analisis. Hasil rancangan masing – masing disajikan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4.24 *Physical Plant Cost*

No	Jenis	Biaya ($)	Rupiah
1	Purchased Equipment cost	1309291.08	19377507992
2	Delivered Equipment Cost	327322.77	4844376998
3	Instalasi cost	218757.77	3237614984
4	Pemipaan	309983.51	4587755946
5	Instrumentasi	328242.81	4857993625
6	Insulasi	50956.19	754151662.4
7	Listrik	130929.11	1937750799
8	Bangunan	1047432.86	15502006394
9	Land & Yard Improvement	9263513.51	1.371E+11
	Total	$12,986,429.62	1.92199E+11
		Rp 192,199,158,401.93	384398316803.8690

Tabel 4.25 *Direct Plant Cost (DPC)*

No	Komponen	Harga ($)	Harga (rupiah)
1	DPC (Direct Plant Cost)	16233037.0272	240248948002.4
Total		16.233.037	2.40249E+11

Tabel 4.26 *Fixed Capital Investment (FCI)*

No	Fixed Capital	Biaya, $
1	Direct Plant Cost	16233037.0
2	Cotractor's fee	649321.5
3	Contingency	1623303.7
	Jumlah	18505662.21

Tabel 4.27 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No.	**Komponen**	**Harga (Rp)**	**Harga ($)**
1.	*Raw Material*	690,219,821,46	46636474,4490
2.	*Labor*	1,052,160,000	106,637.84
3.	*Supervisor*	1,052,160,000	71091,89189
4.	*Maintenance*	68,470,950,181	4626415,553
5.	*Plant Suplies*	10,270,642,527	11333,93169
6.	*Royalty and Patent*	12,491,505,67	844020,6667
7.	Bahan utilitas	5,965,965,236	403,105,76
	Total	86,811,877,944	487,674,055,705.84

Tabel 4.28 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga ($)
1	*Payroll Overhead*	1,578,240,000	106,637,84
2	*Laboratory*	1,052,160,000	71,091,89
3	*Plant Overhead*	5,260,00,000	355,459.46
4	*Packaging n Shipping*	124,915,058,675	8,440,206,67
	Total IMC	1.275.454.675,00	355.459,46

Tabel 4.29 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga ($)
1.	Depresiasi (8% FCI)	21,910,704,057.82	2,381,598.27
2.	*Propertay tax* (1% FCI)	2,738,838,007	297,699.78
3.	Asuransi (1% FCI)	2,738,838,007	185,057
	Total	27,388,380,072	2,864,355

Tabel 4.30 *Total Manufacturing Cost (MC)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga ($)
1.	*Direct Manufacturing Cost*	892,932,154,496.20	60,333,253.68
2.	*Indirect Manufacturing Cost*	132,806,258,675	8,973,395.6

3.	*Fixed Manufacturing Cost*	27,388,30.072	1,850,566.22
	Total	1,025,738,413,171	71,157,215.5

Tabel 4.31 *Working Capital (WC)*

No.	**Komponen**	**Harga (Rp)**	**Harga ($)**
1.	*Raw Material Inventory*	14,641,026,527	989,259
2.	*Inproses Inventory*	1,595,646,656	107,813.96
3.	*Product Inventory*	22,339,053,190.00	1,509,395.49
4.	*Extended credit*	26,497,133,658.24	1,790,346.869
5.	*Available cash*	95,73,799,35.73	6,468,837.80
	Total	490.400.724.931	33.550.025

Tabel 4.32 *General Expense (GE)*

No.	**Komponen**	**Harga (Rp)**	**Harga ($)**
1.	Administrasi (3% MC)	31,593,803,797.29	2,134,716.47
2.	*Sales expense* (15% MC)	52,656,339,662.15	3,557,860.79
3.	*Research* (6% MC)	36,859,437,763.51	2,490,502.55
4.	*Finance* (4% MC)	8,693,909,202.74	587,426.30

	Total	129,803,490,426	8,770,506

Tabel 4.33 Total biaya produksi

No.	**Komponen**	**Harga (Rp)**	**Harga ($)**
1.	*Manufacturing Cost*	1,053,126,793,243	71,157,215.76
2.	*General Expense*	129,803,490,426	8,770,506.11
	Total	1,182,930,283,669	79,927,721.87

Tabel 4.34 *Fixed cost (Fa)*

No.	**Komponen**	**Harga (Rp)**	**Harga ($)**
1.	Depresiasi	21,910,704,058	1,480,452.977
2.	*Property tax*	2,738,838,007	185,057
3.	Asuransi	2,738,838,007	185,057
	Total	27,388,380,072	1,850,566.221

Tabel 4.35 *Variable cost (Va)*

No	**Komponen**	**Harga (Rp)**	**Harga ($)**
1	*Raw Material*	690,219,821,846	466,364.45

2	*Packing n Shipping*	124,915,058,675	8,440,206.667
3	Utilitas	99,905,474,075	6,750,369.87
4	*Royalties & patents*	12,491,505,867	844,020.6667
	Total Va	927,531,860,463	6,2671,071.65

Tabel 4.36 *Regulated cost (Ra)*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga ($)
1	Gaji Karyawan	Rp10,521,600,000	710918.9189
2	Payroll Overhead	Rp1,578,240,000	106637.8378
3	Supervision	Rp1,052,160,000	71091.89189
4	Plant Overhead	Rp5,260,800,000	355459.4595
5	Laboratorium	Rp1,052,160,000	71091.89189
6	General Expense	Rp129,803,490,426	8770506.11
7	Maintenance	Rp68,470,950,181	4626415.553
8	Plant Supplies	Rp10,270,642,527	11333.93169
9	TOTAL Nilai Ra	Rp228,010,043,133	565633.3057

4.7.6 Analisa Keuntungan

Total penjualan = Rp 1,249,150,586,746

Total Production Cost = Rp 1,182,930,283,669

Keuntungan sebelum pajak = Rp 66,220,303,077

Pajak pendapatan = 52%

Keuntungan setelah pajak = Rp 52,976,242,461

4.7.7 Hasil Kelayakan Ekonomi

4.7.7.1 *Percent Return On Investment* (ROI)

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

ROI sebelum pajak = 24,1782 %

ROI sesudah pajak = 19,3426 %

4.7.7.2 *Pay Out Time* (POT)

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

POT sebelum pajak = 3.11 tahun

POT sesudah pajak = 3.66 tahun

4.7.7.3 *Break Event Point* (BEP)

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

BEP = 42,38 %

4.7.7.4 *Shut Down Point* (SDP)

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

SDP = 30,27 %

4.7.7.5 *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFRR)

Umur pabrik = 10 tahun

Fixed Capital Investment = Rp 273,883,800,723

Working Capital = Rp 160,811,695,414

Salvage Value (SV) = Rp 21,910,704,058

Cash flow (CF) = *Annual profit + depresiasi + finance*

= Rp 83,580,855,722

Discounted cash flow dihitung secara *trial & error*

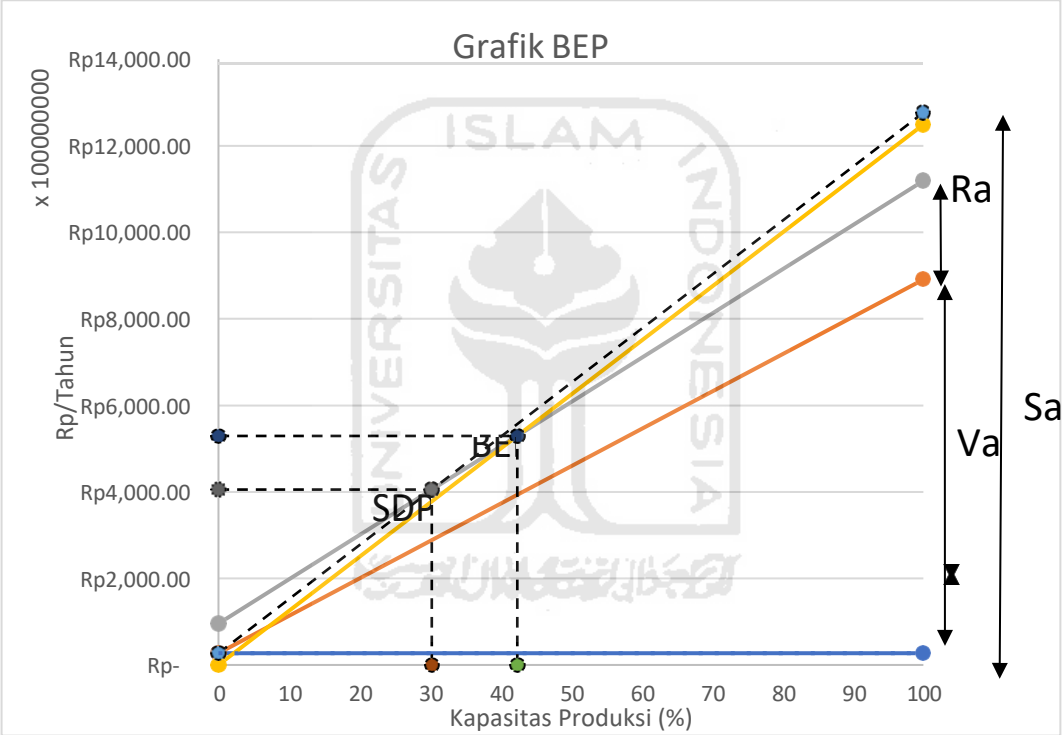
$$(FC+WC)(1+i)^N = C\sum \sum_{n=0}^{n=N-1}(1+i)^N + WC + SV$$

R = S

Dengan *trial & error* diperoleh nilai i = 21.97 %

Tabel 4.37 Rekapitulasi komponen biaya untuk penentuan BEP dan SDP secara grafis

Kapasitas, %	Sa	Fa	Va	Ra	Total Cost	Keuntungan
0	Rp -	Rp 27,388,380,072.28	Rp -	Rp 68,403,012,940.05	Rp 95,791,393,012.32	-Rp 95,791,393,012.32
10	Rp 124,915,058,674.56	Rp 27,388,380,072.28	Rp 92,753,186,046.30	Rp 84,363,715,959.39	Rp 204,505,282,077.96	-Rp 79,590,223,403.40
20	Rp 249,830,117,349.12	Rp 27,388,380,072.28	Rp 185,506,372,092.59	Rp 100,324,418,978.73	Rp 313,219,171,143.60	-Rp 63,389,053,794.48
30	Rp 374,745,176,023.68	Rp 27,388,380,072.28	Rp 278,259,558,138.89	Rp 116,285,121,998.08	Rp 421,933,060,209.24	-Rp 47,187,884,185.56
40	Rp 499,660,234,698.24	Rp 27,388,380,072.28	Rp 371,012,744,185.19	Rp 132,245,825,017.42	Rp 530,646,949,274.88	-Rp 30,986,714,576.64
50	Rp 624,575,293,372.80	Rp 27,388,380,072.28	Rp 463,765,930,231.48	Rp 148,206,528,036.77	Rp 639,360,838,340.52	-Rp 14,785,544,967.72
60	Rp 749,490,352,047.36	Rp 27,388,380,072.28	Rp 556,519,116,277.78	Rp 164,167,231,056.11	Rp 748,074,727,406.17	Rp 1,415,624,641.20
70	Rp 874,405,410,721.92	Rp 27,388,380,072.28	Rp 649,272,302,324.08	Rp 180,127,934,075.45	Rp 856,788,616,471.81	Rp 17,616,794,250.11
80	Rp 999,320,469,396.48	Rp 27,388,380,072.28	Rp 742,025,488,370.37	Rp 196,088,637,094.80	Rp 965,502,505,537.45	Rp 33,817,963,859.03
90	Rp 1,124,235,528,071.04	Rp 27,388,380,072.28	Rp 834,778,674,416.67	Rp 212,049,340,114.14	Rp 1,074,216,394,603.09	Rp 50,019,133,467.95
100	Rp 1,249,150,586,745.60	Rp 27,388,380,072.28	Rp 927,531,860,462.97	Rp 228,010,043,133.48	Rp 1,182,930,283,668.73	Rp 66,220,303,076.87



Gambar 4.8 Grafik penentuan BEP dan SDP secara grafis

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan kondisi operasi, pemilihan bahan baku, produk dan teknologi proses yang tersedia, maka pabrik asam akrilat dari propilen dengan kapasitas 30.000 ton/tahun ini tergolong pabrik berisiko rendah. Kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil laporan prarancangan pabrik kimia ini antara lain:

1. Pabrik asam akrilat dengan kapasitas produksi 30.000 ton/tahun ini membutuhkan bahan baku propilen 99% sebanyak 18.661 ton/tahun dan oksigen sebanyak 27460 ton/tahun.
2. Luas tanah yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik asam akrilat ini adalah 13.710 m^2.
3. Pabrik asam akrilat dengan kapasitas produksi 30.000 ton/tahun ini membutuhkan utilitas berupa
   a. Air = 3.717.184 kg/jam
   b. Bahan bakar = 43.735 kg/jam
   c. Listrik = 354.9589 kWh
4. Pabrik membutuhkan tenaga kerja sebanyak 120 orang.
5. *Total Capital Investment* yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik terdiri dari *fixed capital investment* sebesar Rp 273,883,800,722.76 dan *working capital* sebesar Rp 160,881,659,414
6. *Total Production Cost* yang dikeluarkan oleh pabrik terdiri dari *manufacturing cost* sebesar Rp 1,053,126,793,243 dan *general expense* sebesar Rp 129,803,490,426
7. Nilai ROI pabrik asam akrilat ini adalah:
   ROI *before tax* = 24 %
   ROI *after tax* = 19 %
   Pabrik berisiko rendah memiliki syarat ROI *before tax* minimal 11% dan pabrik ini memenuhi syarat.

8. Nilai POT pabrik asam akrilat ini adalah:
   POT *before tax* = 3,11 tahun
   POT *after tax* = 3,66 tahun
   Pabrik berisiko rendah memiliki syarat POT *before tax* maksimal 5 tahun dan pabrik ini memenuhi syarat.
9. Nilai BEP, SDP dan DCFRR pabrik asam akrilat ini adalah:
   Nilai BEP = 42,38 %
   Nilai SDP = 30,27 %
   Nilai DCFRR = 21,97 %

Dengan mempertimbangkan hasil perhitungan evaluasi ekonomi di atas maka pabrik asam akrilat dari propilen dengan kapasitas 30.000 ton/tahun layak untuk dikaji lebih lanjut dan layak untuk didirikan.

5.2 Saran

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

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

Daftar Pustaka

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

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

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

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

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*, 4th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York

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

Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D., 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.

Biro Pusat Statistik, "*Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia*", https://www.bps.go.id/ diakses pada 7 agustus 2020

"*Acrylic Acid and Esters",* https://ihsmarkit.com/index.html diakses pada 9 agustus 2020

Keiji Wakatsuki., "*Acrylic Acid and Esters",* https://www.orbichem.com/ diakses pada 6 september 2020

"*physical and chemical properties",* http://www.sciencelab.com/ diakses pada 8 agustus 2020

"*physical and chemical properties",* https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/ diakses pada 9 April 2020

"*Kapasitas Produksi PT. Nippon Shobukai Indonesia",* https://www.shokubai.co.jp/en/ diakses pada 2 Mei 2020

"*Cost Raw Material and Product for Production Acrylic Acid",* https://www.alibaba.com diakses pada 29 Agustus 2020

"*Process Equipment Cost Estimates",* https://www.matche.com/ diakses pada 23 Agustus 2020

Hartono., "*Kemenperin Resmikan Perluasan Pabrik PT. Nippon Shokubai Indonesia*", http://www.kemenperin.go.id/artikel/7606/Menperin-Resmikan-Perluasan-Pabrik-PT.-Nippon-Shokubai-Indonesia diakses pada 3 April 2020

"*Chemical Engineering Plant Cost Index*", https://www.chemengonline.com/economic-indicators-cepci/?printmode=1 diakses pada 22 Agustus 2020

LAMPIRAN

LAMPIRAN A

REAKTOR STAGE 1

Jenis : Reaktor *Fixed Bed Multitube*

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi antara propilen dan oksigen menjadi akrolein

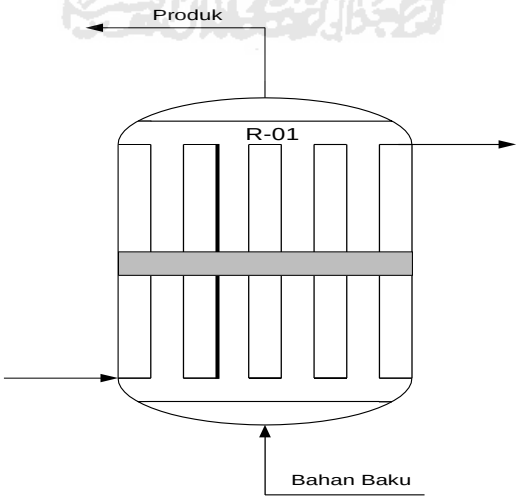
Kondisi Operasi : Suhu = 300^{o}C

Tekanan = 3 atm

Reaksi = Eksotermis

Tujuan :

1. Menentukan jenis reaktor
2. Menghitung pressure drop
3. Menghitung berat katalis
4. Menghitung waktu tinggal dalam reaktor
5. Menentukan dimensi reaktor



Reaksi yang terjadi didalam reaktor:

Reaksi Utama : $C_3H_6 + O_2 \rightarrow C_3H_4O + H_2O$

Reaksi Samping : $C_3H_6 + \frac{5}{2}O_2 \rightarrow C_2H_4O_2 + CO_2 + H_2O$

1. Menentukan jenis reaktor

   Dipilih reaktor fixed bed multitube dengan pertimbangan sebagai berikut:

   a. zat pereaksi berupa fasa gas dengan katalis padat
   b. umur katalis panjang 12-15 bulan
   c. reaksi eksotermis sehingga diperlukan luas perpindahan panas yang besar agar kontak dengan pendingin berlangsung optimal
   d. tidak diperlukan pemisahan katalis dari gas keluaran reaktor
   e. pengendalian suhu relatif mudah karena menggunakan tipe shell and tube

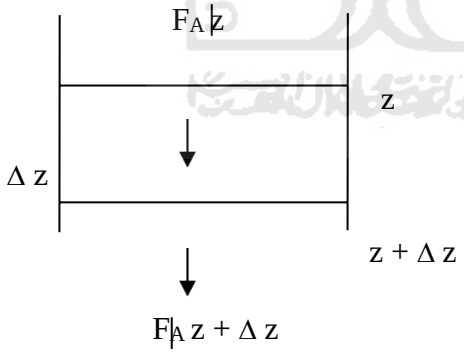
   (Hill, hal 425-431)

2. Persamaan – persamaan Matematis Reaktor

   a. Neraca massa reaktor

      Reaksi berlangsung dalam keadaan steady state dalam reaktor setebal ΔZ dengan konversi X. Neraca massa CH_3OH pada elemen volume :

      Input – Output – Yang bereaksi = 0



Input - Output - Yang Bereaksi = 0

$$FA_z - (FA_{z+\Delta Z} + (-ra)\,\Delta v) = 0$$

$$\Delta v = \frac{\pi D i^2}{4}\,\varepsilon\,\Delta z$$

Δv = volume gas diantara katalis pada elemen volum

$FA|_Z - FA|_{Z+\Delta Z} - (-ra)\ \pi/4\ Di^2\ \varepsilon\ .\ \Delta Z = 0$

$$\frac{FA|_{Z+\Delta Z} - FA|_Z}{\Delta Z} = (-ra)\ \pi/4\ Di^2\ \varepsilon$$

$$\frac{-FA}{\Delta Z} = \frac{-rA.\pi Di^2}{4}\ \varepsilon$$

Dimana $F_A = - F_{Ao} (1 - X_A)$

$\Delta F_A = - FAo.\ \Delta X_A$

$$FAo\ .\ \frac{\Delta XA}{\Delta Z} = \frac{-(rA)\pi Di^2}{4}\ \varepsilon$$

$$\frac{\Delta XA}{\Delta Z} = \frac{-(rA)\pi Di^2}{4FAo}\ \varepsilon$$

Lim $\Delta Z \longrightarrow 0$

$$\frac{dXA}{dz} = \frac{(-rA)\pi Di^2\varepsilon}{4FAo}$$

dimana : $\frac{dXA}{dz}$ = perubahan konversi persatuan panjang

ε = porositas

$(-r_A)$ = kecepatan reaksi = $k\ C_A.\ C_B$

Z = tebal tumpukan katalisator

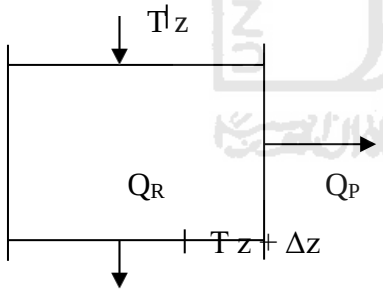
Di = diameter dalam pipa

Tabel A.1 Komposisi dengan perhitungan kapasitas stage 1

Input	Massa, Kg/Jam
Propilen	2356.2019
Propana	20.8520
Oksigen	3467.2849
Nitrogen	13043.5957
Air	4033.3214

Output	Massa, Kg/Jam
Propilen	58.9050
Propana	20.8520
Oksigen	836.10101
Nitrogen	13043.5957
Air	5017.8771
Akrolein	51.4650
Asam Asetat	38.2614
Karbon Dioksida	28.0584

b. Neraca panas elemen volume



Q_R = panas reaksi

Q_P = panas yang dibuang, ada pendinginan

Input - Output =Acc

Σ m.Cp (T_z - To) – [(Σ m.Cp) ($T_{Z+\Delta Z}$ – To) + Q_R + Q_P]

Σ m.Cp (T_z - $T_{z+\Delta Z}$) = Q_R + Q_P

(Σ m.Cp) ($-\Delta T$) = Q_R + Q_P

$Q_R = \Delta H_R F_{Ao} \Delta X_A$

$Q_P = UA (T - T_S)$

$A = \pi Do\ \Delta z$

$Q_P = U\ \pi Do\ \Delta z(T - T_S)$

$(\Sigma\ m.Cp)(-\Delta T) = \Delta HR\ .\ Fao\ .\ \Delta XA + U.\pi.Do.\Delta Z\ (T\text{-}Ts)$

: ΔZ

$$(\Sigma\ m.Cp)\left(\frac{-\Delta T}{\Delta Z}\right) = \Delta HR\ .\ Fao\ .\left(\frac{\Delta XA}{\Delta Z}\right) + U.\pi.Do.\Delta Z\ (T\text{-}Ts)$$

$$\left(\frac{-\Delta T}{\Delta Z}\right) = \Delta HR\ .\ Fao\ .\left(\frac{\Delta XA}{\Delta Z}\right) + U.\pi.Do.\Delta Z\ (T\text{-}Ts)$$

$$(\Sigma\ m.Cp)$$

$\lim \Delta Z \longrightarrow 0$

$$\frac{dT}{dZ} = \Delta HR\ .\ Fao\ .\left(\frac{dXA}{dZ}\right) + U.\pi.Do.\Delta Z\ (T\text{-}Ts)$$

$$(\Sigma\ m.Cp)$$

Dimana:

$\frac{dT}{dZ}$ = Perubahan Suhu persatuan panjang katalis

ΔH_R = Panas Reaksi

U = Overall heat transfer coefficient

Do = Diameter luar

T = Suhu gas

Ts = Suhu penelitian

Ts = Kapasitas panas

c. Neraca panas untuk pendingin

Pendingin yang dipakai adalah Dowtherm A yang stabil pada suhu 93,3 – 540 ^{0}C

Komposisi Dowtherm A : - 73,5 % Diphenyl Oxyde

- 26,5 % Diphenyl

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

Cp = 0,11152 + 9,7073 . 10^{-4} T, cal/g.K

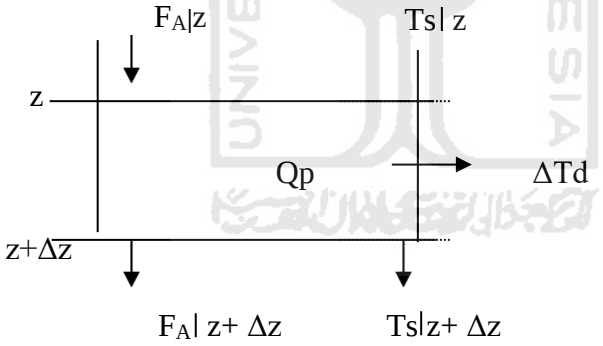
ρ = 1,3644 – 9,7073.10^{-4} T , gr/cm^3

μ = 35,5808 – 0,04212 T , gr/cm.Jam

k = 1.512 – 0,0010387, cal/J.Cm.K

Aliran pendingin dalam reaktor searah dengan aliran gas

Neraca Panas pada elemen volum



mp.Cpp (Ts$\downarrow_Z$ –To) + Qp – mp Cpp (Ts $_{z\downarrow+\Delta z}$ – To) = 0

mp.Cpp (Ts$\downarrow_Z$ – Ts $\downarrow_{z+\Delta z}$) = - Qp

$$(Ts\downarrow_Z - Ts\downarrow_{z+\Delta z}) = - \frac{U .\pi .Do.\Delta z.(T - Ts)}{(m.Cp)\,p}$$

$$(Ts\downarrow_Z - Ts\downarrow_{z+\Delta z}) / \Delta z = - \frac{U .\pi .Do.(T - Ts)}{(m.Cp)\,p}$$

$$- (Ts|_{z+\Delta z} - Ts|_z) / \Delta z = - \frac{U .\pi .Do.(T - Ts)}{(m.Cp)\, p}$$

$$\frac{\Delta Ts}{\Delta Z} = \frac{U .\pi .Do(T - Ts)}{(m.Cp)\, p}$$

$$\lim \Delta Z \longrightarrow 0$$

$$\frac{dTs}{dZ} = \frac{U .\pi .Do(T - Ts)}{(m.Cp)\, p}$$

d. Penurunan tekanan

Dalam pipa = penurunan tekanan dalam pipa berisi katalisator (Fixed bed) digunakan rumus 11.6 (chapter 11 hal 492 " Chemical Reactor Design For Process Plants".

$$\frac{dP}{dZ} = \frac{G}{\rho g Dp} \cdot \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon^3} \cdot \left[\frac{150(1 - \varepsilon)\mu}{Dp} + 1{,}75G \right]$$

Dimana :

G = Kecepatan aliran massa gas dalam pipa, gr/cm^3

ρ = Densitas gas, gr/cm^3

Dp = Densitas pertikel katalisator, cm

G = Gaya Gravitasi, cm/det^2

ε = Porosity tumpukan katalisator

μ = Viskositas gas, gr/cm jam

3. Data – data sifat fisis bahan

a. Menentukan umpan Yi masuk

Tabel A.2 Umpan YI masuk reaktor stage 1

Komponen	Bmi	Massa	Mol	yi
	(kg/kmol)	(kg/jam)	(kmol/jam)	
Propilen	42	2356,2019	56,1000	0,0656
Propana	44	20,8520	0,4739	0,0006
Oksigen	32	3467,2849	108,3527	0,1268
Nitrogen	28	13043.5957	465,8427	0,5449
Air	18	4033.3214	224,0734	0,2621
Akrolein	56	0.0000	0.0000	0,0000
Asam Asetat	60	0.0000	0.0000	0,0000
Karbon Dioksida	44	0.0000	0.0000	0,0000
Total		22921,2559	854,8427	1,0000

b. Menentukan volume gas reaktor

PV = nRT

n = 4274,2136 kmol/jam = 1187,2816 mol/dtk

R = 82,05 atm.cm^3/mol.^{o}K

P = 4,9 atm

$$V = \frac{nRT}{P} = 12{,}2782 \text{ cm3/dtk}$$

c. Menetukan densitas umpan

$$\rho = \frac{\text{P. BM}}{RT} = \frac{(4{,}9\text{atm})\ (26{,}8134\ \frac{\text{gr}}{\text{mol}})}{(82{,}05\ \text{atm.}\ \frac{\text{cm}^3}{\text{mol. K}})(623\text{K})(1)} = 0{,}0026\ \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

d. Menentukan viskositan umpan

$$\mu_{gas} = A + BT + CT^2$$

Tabel A.3 Data viskositas umpan masuk reaktor stage 1

Formula	A (mikropoise)	B (mikropoise)	C (mikropoise)
Propilen	-7,23	3,4180E-01	-9,4516E-05
Propana	-5,462	3,2722E-01	-1,0672E-04
Oksigen	44,224	5,6200E-01	-1,1300E-04
Nitrogen	42,606	4,7500E-01	-9,8800E-05
Air	-36,826	4,2900E-01	-1,6200E-05
Akrolein	-16,910	3,21670E-01	-5,2581E-05
Asam Asetat	-28,660	2,3510E-01	2,2087E-04
Karbon Dioksida	11,363	4,9918E-01	-1,0876E-04

(Chemical properties handbook,Mc Graw-hill Carl L.yaws)

Tabel A.4 Perhitungan Viskositas Umpan Masuk Reaktor Stage 1

Komponen	Yi	μ gas (mikropoise)	μ_{gas} (kg/s.m)	μ_{gas} (kg/jam.m)	μ_{gas} (lb/ft.jam)
Propilen	0,0656	157,5891	0,000016	0,056732	0,000014
Propana	0,0006	146,9958	0,000015	0,052918	0,000013
Oksigen	342,0222	329,1488	0,000033	0,118494	0,000029
Nitrogen	293,1064	282,3421	0000028	01016432	0,000025
Air	215,9705	203,6721	0,000020	0,073322	0,000018
Total	1	1119,7478	0,000117	0,40311	0,000098

Tabel A.4 Perhitungan Viskositas Umpan Masuk Reaktor Stage 1

Komponen	**yi.η_{gas} (kg/s.m)**	**yi.η_{gas} (kg/jam.m)**	**yi.η_{gas} lb/ft.jam**	**η gas mikropoise**
C3H6	0.0000010	0.003723	0.000001	10.3420
C3H8	0.0000000	0.000029	0.000000	0.0815
O2	0.0000042	0.015019	0.000004	41.7201
N2	0.0000154	0.055390	0.000013	153.8611
H2O	0.0000053	0.019219	0.000005	53.3870
Total	0.000026	0.093381	0.000023	259.3917

μ gas = 0,000026 kg/m.s

= 0,000259392 g/cm.s

e. Menentukan konduktivitas gas umpan

$k_{gas} = A + BT + CT^2$

Tabel A.5 Data konduktivitas umpan masuk reaktor stage 1

Formula	A (W/m.K)	B (W/m.K)	C (W/m.K)
Propilen	-0,01116	7,5155E-05	6,5558E-08
Propana	-0,00869	6,6409E-05	7,8760E-08
Oksigen	0,00121	8,6157E-05	-1,3348E-08
Nitrogen	0,00309	7,5930E-05	-1,1014E-08
Air	0,00053	4,7093E-05	4,9551E-08

(Chemical properties handbook,Mc Graw-hill Carl L.yaws)

Tabel A.6 Perhitungan konduktivitas umpan reaktor stage 1

Komponen	**Yi**	**k_{gas}**	**$yi.k_{gas}$**
		W/m.K	**W/m.K**
C3H6	0.0656	5.3428E-02	3.5063E-03
C3H8	0.0006	5.5222E-02	3.0614E-05
O2	0.1268	4.6195E-02	5.8553E-03
N2	0.5449	4.2982E-02	2.3423E-02
H20	0.2621	4.3783E-02	1.1477E-02
Total	1.0000	2.4161E-01	4.4292E-02

k campuran = 0,04642915 W/m.K

= 0,1594 kJ/jam.m.K

= 0,03808387 kkal/jam.m.K

= 0,00010579 kal/cm.dtk.K

f. Menentukan kapasitas panas campuran gas

$Cp = A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4$

Tabel A.7 Data kapasitas panas umpan reaktor stage 1

Formula	A (joule/mol.K)	B (joule/mol.K)	C (joule/mol.K)	D (joule/mol.K)	E (joule/mol.K)
Propilen	31,298	7,24E-02	1,9481E-04	-2,1582E-07	6,2974E-11
Propana	28,277	1,16E-01	1,9597E-04	-2,3271E-07	6,8669E-11
Oksigen	29,526	-8,90E-03	3,8083E-05	-3,2629E-08	8,8607E-12
Nitrogen	29,342	-3,54E-03	1,0076E-05	-4,3116E-09	2,5935E-13
Air	33,933	-8,42E-03	2,9906E-05	-1,7825E-08	3,6934E-12

(Chemical properties handbook,Mc Graw-hill Carl L.yaws)

Tabel A.8 Perhitungan kapasitas panas campuran gas reaktor stage 1

Komponen	**Yi**	**BM**	**Cp**	**Cp**	**Cp**	**Cpi = yi.Cp**	**Cpi = yi.Cp**
		(kg/kmol)	**joule/mol.K**	**kjoule/kmol.K**	**kjoule/kg.K**	**kjoule/kg.K**	**kjoule/kmol.K**
C3H6	0.0656	42	102.9589	102.9589	2.4514	0.1609	6.7568
C3H8	0.0006	44	122.7098	122.7098	2.7889	0.0015	0.0680
O2	0.1268	32	31.7467	31.7467	0.9921	0.1257	4.0239
N2	0.5449	28	29.8389	29.8389	1.0657	0.5807	16.2606
H2O	0.2621	18	34.5184	34.5184	1.9177	0.5027	9.0481
TOTAL	1.0000	164	321.7728	321.7728	9.2157	1.3716	36.1574

Cp campuran = 1,3716 kJ/kg.K

g. Menentukan panas reaksi

Reaksi yang terjadi bersifat eksotermis, panas yang dikeluarkan adalah sebagai berikut:

$$\Delta H_R = \Delta H_{R\,298} + \int_{298}^{T} \Delta Cp.dT$$

(Chemical properties handbook,Mc Graw-hill Carl L.yaws)

Tabel A.9 Data panas reaksi reaktor stage 1

Formula	A (kj/mol)	B (kj/mol)	C (kj/mol)	D (kj/mol)	E (kj/mol)
Propilen	31,298	7,24E-02	1,95E-04	-2,16E-07	6,30E-11
Oksigen	29,526	-0,0088999	3,8083E-05	-3,2629E-08	8,8607E-12
Air	33,933	-0,0084186	2,9906E-05	-1,7825E-08	3,6934E-12
Akrolein	109,243	-5,10E-01	1,71E-03	-1,81E-06	6,60E-10
Karbon Dioksida	27,437	4,23E-02	-1,96E-05	4,00E-09	-2,99E-13
Asam asetat	34,85	3,76E-02	2,83E-04	-3,08E-07	9,26E-11

(Chemical properties handbook,Mc Graw-hill Carl L.yaws)

Tabel A.10 Perhitungan panas reaksi reaktor stage 1

Komponen	**ΔHf (kj/mol)**	**ΔHf (kJ/kmol)**	**ΔH(J/mol)**	**ΔH(kJ/kmol)**
C3H6	20.43	20430	23139.3904	23139.3904
O2	0.00	0	8396.3326	8396.3326
C3H4O	-81.00	-81000	23661.0463	23661.0463
CH3COOH	-431.84	-431840	22762.5038	22762.5038
CO2	393.40	393400	11655.3971	11655.3971
H2O	-241.80	-241800	9533.6171	9533.6171
total	-340.81	-340810	99148.2873	99148.2873

Dari data didapat:

ΔHR_{298} = -300670 kJ/kmol

ΔHR_{total} = -629825,2451 kJ/kmol

= -68848,36382 kkal/kmol

h. Data sifat katalis (Iron Molybdenum Oxide)

Jenis : MoO_3

Ukuran D : 0,35 cm

Density : 4,69 gr/cm³

Bulk density : 3,00544 gr/cm³

4. Dimensi reaktor

a. Menentukan ukuran dan jumlah tube

Diameter pipa reaktor dipilih berdasarkan pertimbangan agar perpindahan panas berjalan dengan baik. Mengingat reaksi yang terjadi eksotermis, untuk itu dipilih aliran gas dalam pipa turbulen agar koefisien perpindahan panas lebih panas lebih besar.

Pengaruh ratio Dp / Dt terhadap koefisien perpindahan panas dalam pipa yang berisi butir-butir katalisator dibandingkan dengan pipa kosong yaitu hw/h telah diteliti oleh Colburn's (smith hal 571) yaitu :

Dp/Dt	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
hw/h	5,5	7,0	7,8	7,5	7,0	6,6

dipilih Dp/Dt = 0,15

dimana

hw = koefisien perpindahan panas dalam pipa berisi katalis

h = koefisien perpindahan panas dalam pipa kosong

Dp = diameter katalisator

Dt = diameter tube

Sehingga :

Dp/Dt = 0,15

Dp = 0,35 cm

Dt = 0,35 / 0,15 = 2,3333 cm = 0,919 in

Dari hasil perhitungan tersebut, maka diambil ukuran pipa standar agar koefisien perpindahan panasnnya baik.

Dari table 11 Kern dipilih pipa dengan spesifikasi sebagai berikut :

Nominal pipe size = 2 in = 5,08 cm

Outside diameter = 2,38 in = 6,0452 cm

Schedule number = 40

Inside diameter = 2,067 in = 5,2502 cm

Flow area per pipe = 3,350 in^2

Surface per in ft = 0,622 ft^2/ft outside

= 0,542 ft^2/ft inside

Aliran dalam pipa turbule dipilih N_{Re} = 3100

$$N_{Re} = \frac{G_g D_t}{\mu_g}$$

$$G_t = \frac{\mu_g N_{Re}}{D_t}$$

Dalam hubungan ini:

μg = viskositas umpan = 0,000259 g/cm.det

Dt = Diameter tube = 5,2502 cm

$$G_t = \frac{(0{,}000271)(3100)}{2{,}6645} = 0{,}1532 \frac{gr}{cm^2.\ s} = 5513{,}7363 \frac{kg}{m^2.jam}$$

Digunakan 1 buah reaktor :

G = 6367,0155 gr/s

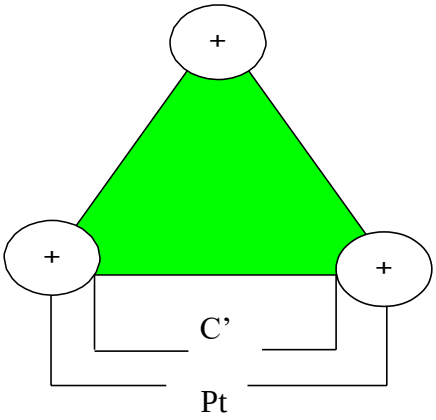
At =41571,1861 cm^2 = 4,1571 m^2

Luas penampang pipa = 21,6380 cm^2 = 0,00216 m^2

Jumlah pipa dalam reaktor = 11921.2079 buah

b. Menghitung diameter dalam reaktor

Direncanakan tube disusun dengan pola triangular pitch.



Pt = 1,25 x ODt

= 1,25 x 1,32 = 1,65 in

C' = $P_T - OD$

= 1,65 – 1,32 = 0,33 in

$$IDs = \sqrt{\frac{4.\,Nt.\,P^2.\,0{,}866}{\frac{T}{\pi}}}$$

IDs = 419.8586 cm

Jadi diameter dalam reaktor = 419.8586 cm = 165.2987 in

c. Menghitung tebal dinding reaktor

Tebal dinding reaktor (shell) dihitung dengan persamaan :

$$t_s = \frac{P.r}{f.E - 0{,}6.P} + C \qquad (Brownell, pers.13-1, p.254)$$

Dimana :

t_s = tebal shell, in

E = efisiensi pengelasan

f = maksimum allowable stress bahan yang digunakan

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

r = jari-jari dalam shell, in

C = faktor korosi, in

P = tekanan design, Psi

Bahan yang digunakan Carbon Steel SA 283 Grade C

E = 0,85

f = 12650 psi

C = 0,125

R = ID/2 = (230,3376/2) in

P = 72,54 psi

Jadi P = (120/100)*P = 87,0466 psi

maka ts = 0,5330 in

dipilih tebal dinding reaktor standar 1 1/8 in

Diameter luar reaktor = ID + 2*ts

=230,3376 + (2* 1,125)

= 232,5876 in

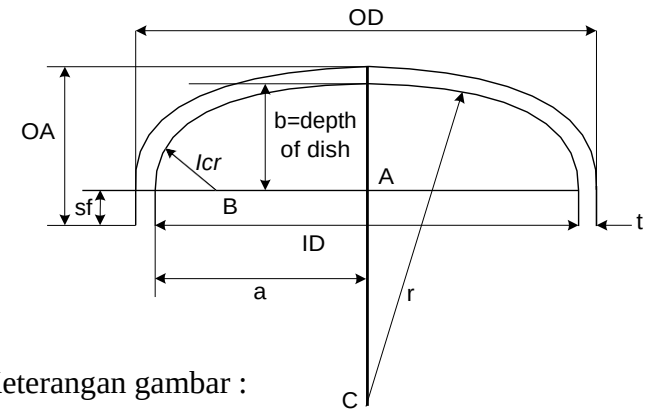
Sehingga dipilih diameter luar reaktor 240 in.

5. Menghitung head reaktor

   a. Menghitung tebal head reaktor

      Bentuk head : Elipstical Dished Head

      Bahan yang digunakan: Carbon Steel SA 283 Grade C



Keterangan gambar :

ID = diameter dalam head

OD = diameter luar head

a = jari-jari dalam head

t = tebal head

r = jari-jari luar dish

icr = jari-jari dalam sudut icr

b = tinggi head

sf = straight flange

OA = tinggi total head

Tebal head dihitung berdasarkan persamaan :

$$t_h = \frac{P.IDs}{2.f.E - 0{,}2.P} + C \qquad \text{(Brownell, 1979)}$$

P = tekanan design, psi = 87,0466 psi

IDs = diameter dalam reaktor, in = 230,3376 in

F = maksimum allowable stress, psi = 12650 psi

E = efisiensi pengelasan = 0,85

C = faktor korosi, in = 0,125

maka th = 1,125 in

dipilih tebal head reaktor standar 1 1/8 in

b. Menghitung tinggi head reaktor

ODs = 240 in

ts = 1,125 in

didapat : irc = 14,4375 in

r = 180 in

a = IDs/2 = 82,6493 in

AB = a – irc = 68,2118 in

BC = r – irc = 165,5625 in

AC = $(BC^2 - AB^2)^{1/2}$ = 150,8578 in

b = r – AC = 29,1422 in

Dari tabel 5.6 Brownell p.88 dengan th 1 in didapat sf = 1,5 – 4,5 in

perancangan digunakan sf = 4,5 in

Tinggi head reaktor dapat dihitung dengan persamaan :

hH = th + b + sf

= 0,8831

Menghitung tinggi reaktor

Tinggi reaktor total = panjang tube + tinggi head top

HR = 255,2397 in

= 21,2700 in

= 6,4831 m

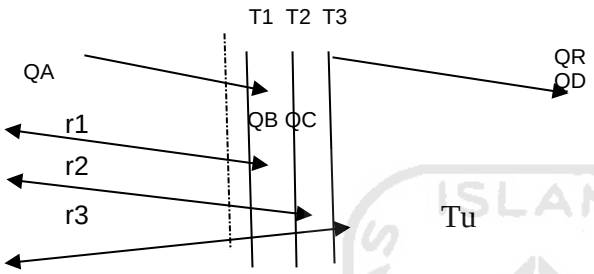
6. Tebal isolasi reaktor

Asumsi :

a. Suhu dalam reaktor = suhu permukaan dinding dalam shell = suhu pendingin rata-rata

b. Keadaan steady state QA=QB=QC=(QD+QR)

c. Suhu dinding luar isolasi isotermal



Keterangan :

r_1 = jari-jari dalam reaktor

r_2 = jari-jari luar reaktor

r_3 = jari-jari isolator luar

QA = Perp. Konveksi dari gas ke dinding dalam reaktor

QB = Perp. Konduksi melalui dinding reaktor

QC = Perp. Konduksi melalui isolator

QD = Perp. konveksi dari permukaan luar isolator

QR = Perp. Panas radiasi

T1 = Suhu dinding dalam reaktor

T2 = Suhu dinding luar reaktor

T3 = Suhu isolator luar

Tu = Suhu udara luar

- sifat-sifat fisis bahan

* bahan isolasi : asbestos, dengan sifat-sifat fisis (kern) :

Kis = 0,17134 W/m.^{o}C

ε = 0,96

* carbon steel : ks = 40,7027 W/m.^{o}C

* sifat-sifat fisis udara pada suhu Tf (Holman,1988. Daftar A-5)

Tf = 313

υ = 0,000017

k = 0,027225 W/m.^{o}C

Pr = 0,70489

β = 0,0032 K^{-1}

μ = 0,00001906 kg/m.s

g = 9,8 m/s^2

r_3 = $r_2 + x$

r_1 = 2,9253 m

r_2 = 3,048 m

L = 3,6 m

a. Perpindahan panas konduksi

$$Q_B = \frac{2.\pi.k_s.L.(T_1 - T_2)}{\ln\left(r_2 / r_1\right)} \qquad \text{.....(a)}$$

$$Q_C = \frac{2.\pi.k_{is}.L.(T_2 - T_3)}{\ln\left(r_3 / r_2\right)} \qquad \text{.....(b)}$$

b. Perpindahan panas konveksi

$$Q_D = hc.A.(T_3 - T_4)$$

$$Q_D = hc.2.\pi.r_3.L.(T_3 - T_4) \quad \text{.....(c)}$$

Karena $Gr_L.Pr > 10^9$, sehingga :

$$hc = 1{,}31.(\Delta T)^{1/3}$$

$$Gr_L = \frac{g.\beta.(T - T).L^3}{\nu^2}$$

c. Panas radiasi

$$Q_R = \varepsilon.\sigma.A.(T_3^4 - T_4^4)$$

$$Q_R = \varepsilon.\sigma.2.\pi.r_3.L.(T_3^4 - T_4^4) \quad \text{.....(d)}$$

$\sigma = 5{,}669 \times 10^{-8}$ w/m^2.k^4

kemudian persamaan a, b, c dan d ditrial menggunakan excel dan didapat :

T_2 = 620,514 K

Tebal isolasi (x) = 23,9763 cm

Tabel A.11 Perhitungan hasil simulasi panjang reaktor menggunakan metode euler stage 1

z (m)	x	T (K)	Ts (K)
0	0	573.0000	367
0.10	0.06485	572.8800	386.3183
0.20	0.12533	572.7720	403.3404
0.30	0.18175	572.6746	418.4396
0.40	0.23442	572.5864	431.9064
0.50	0.28360	572.5064	443.9720
0.60	0.32953	572.4337	454.8235
0.70	0.37245	572.3676	464.6151
0.80	0.41256	572.3073	473.4751
0.90	0.45005	572.2523	481.5118
1.00	0.48510	572.2020	488.8173

1.10	0.51789	572.1561	495.4705

Lanjutan Tabel A.11 Perhitungan hasil simulasi panjang reaktor menggunakan metode euler stage 1

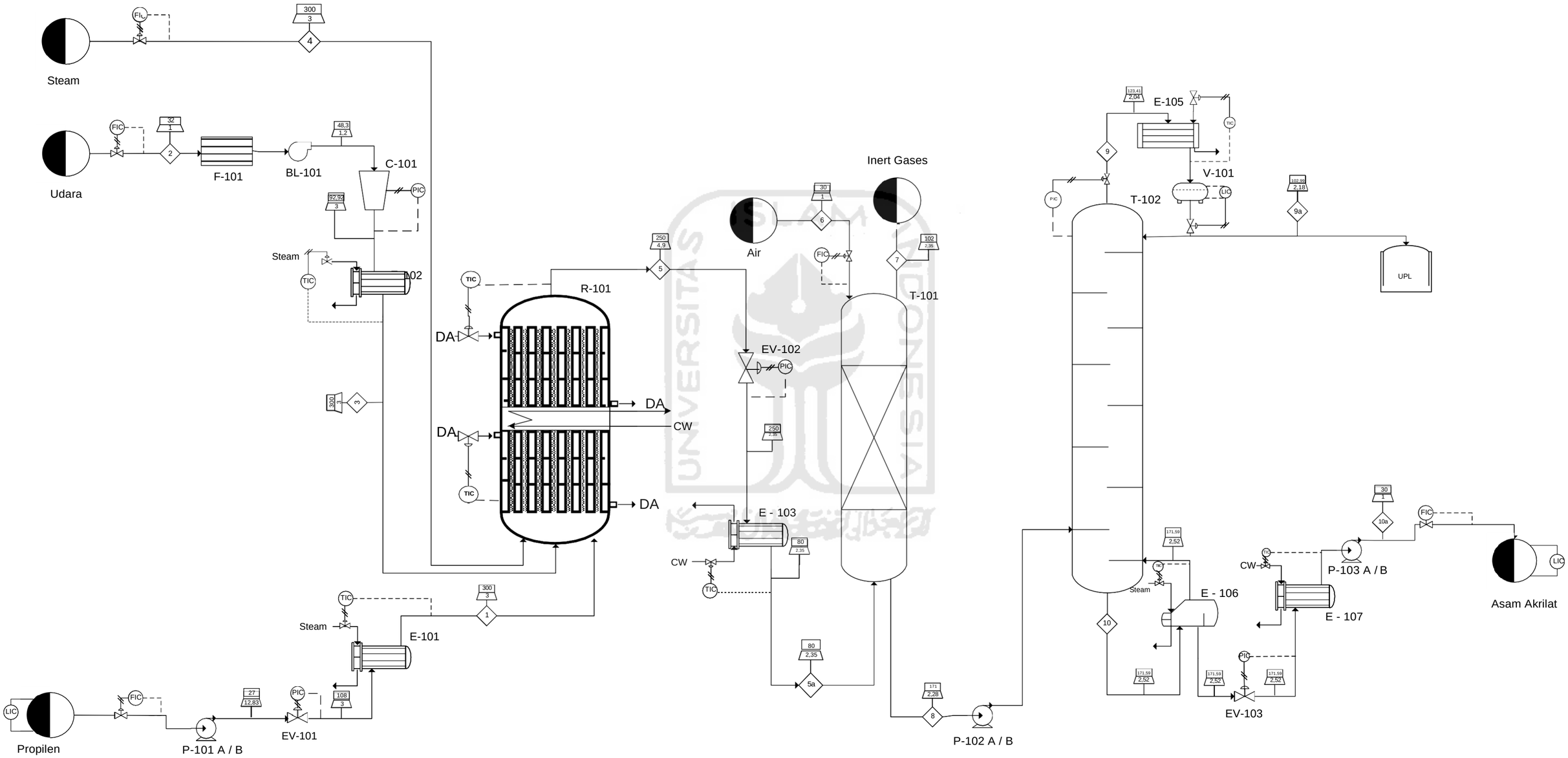
1.20	0.54855	572.1141	501.5397
1.30	0.57723	572.0756	507.0843
1.40	0.60407	572.0403	512.1565
1.50	0.62919	572.0079	516.8018
1.60	0.65269	571.9782	521.0607
1.70	0.67469	571.9510	524.9690
1.80	0.69528	571.9260	528.5587
1.90	0.71456	571.9030	531.8584
2.00	0.73261	571.8819	534.8935
2.10	0.74951	571.8625	537.6872
2.20	0.76533	571.8446	540.2600
2.30	0.78015	571.8282	542.6308
2.40	0.79403	571.8131	544.8164
2.50	0.80702	571.7992	546.8322
2.60	0.81920	571.7864	548.6921
2.70	0.83060	571.7747	550.4089

Tabel A.11 Perhitungan hasil simulasi panjang reaktor menggunakan metode euler stage 1

2.80	0.84128	571.7638	551.9941
2.90	0.85128	571.7539	553.4583
3.00	0.86065	571.7447	554.8110
3.10	0.86943	571.7362	556.0611
3.20	0.87766	571.7284	557.2166
3.30	0.88536	571.7213	558.2850
3.40	0.89258	571.7147	559.2730
3.50	0.89934	571.7086	560.1869
3.60	0.90568	571.7030	561.0323
3.70	0.91161	571.6978	561.8145
3.80	0.91718	571.6931	562.5384
3.90	0.92239	571.6887	563.2084
4.00	0.92727	571.6847	563.8285
4.10	0.93185	571.6810	564.4026
4.20	0.93613	571.6776	564.9342
4.30	0.94015	571.6744	565.4263
4.40	0.94392	571.6715	565.8821
4.50	0.94744	571.6688	566.3042
4.60	0.95075	571.6664	566.6951
4.70	0.95385	571.6641	567.0573
4.80	0.95675	571.6620	567.3927
4.90	0.95947	571.6601	567.7034
5.00	0.96202	571.6583	567.9913
5.10	0.96440	571.6567	568.2581
5.20	0.96664	571.6552	568.5052
5.30	0.96874	571.6538	568.7342
5.40	0.97071	571.6526	568.9464
5.50	0.97255	571.6514	569.1430

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PABRIK ASAM AKRILAT DARI PROPILEN DAN UDARA
KAPASITAS 30.000 TON / TAHUN

P-101 A/B Pompa Propilen | EV-101 Kran Ekspansi | E-101 Heater Propilen | F-101 Filter | BL-101 Blower | C-101 Kompresor | E-102 Heater Udara | R-101 Reaktor | EV-102 Kran Ekspansi | E-103 Cooler Produk Reaktor | E-104 Cooler Umpan Menara | T-101 Menara Absorbsi Asam Akrilat | P-102 A/B Pompa Umpan Menara | T-102 Menara Distilasi Asam Akrilat | E-105 Kondenser Asam Akrilat | V-101 Reflux Drum | E-106 Reboiler Asam Akrilat | EV-104 Kran Ekspansi | E-107 Cooler Asam Akrilat | P-103 A/B Pompa Asam Akrilat



Nomor Arus	Satuan	1	2	3	4	5	5a	6	7	8	9	9a	10	10a
Suhu	C	300	32	300	300	250	80	30	102	171	123,41	102,99	171,59	30
Tekanan	atm	3	1	3	3	3	2,35	1	2,35	2,35	2,04	2,18	2,52	1
Laju alir masa total	kg/jam	2377,0539	16510,8806	16510,8806	4033,3214	22921,2559	22921,2559	13299,0320	18435,7032	17784,5846	13940,5070	13940,5070	3845,9337	3845,9337
Propilen	kg/jam	2884,7517	0	0	0	58,9050	58,9050	0	56,1788	2,7262	2,7262	2,7262	0	0
Propana	kg/jam	15,1865	0	0	0	20,8520	20,8520	0	20,0015	0,8506	0,8506	0,8506	0	0
Oksigen	kg/jam	0	3467,2849	3467,28492	0	836,1010	836,1010	0	835,5694	0,5316	0,5316	0,5316	0	0
Nitrogen	kg/jam	0	13043,5957	13043,5957	0	13043,5957	13043,5957	0	12796,8732	246,7225	246,7225	246,7225	0	0
Air	kg/jam	0	0	0	4033,3214	5017,8771	5017,8771	13299,0320	4699,4650	13617,4441	13616,5769	13616,5769	1,8641	1,8641
Akrolein	kg/jam	0	0	0	0	51,4650	51,4650	0	0	51,4650	51,4650	51,4650	0	0
Asam Asetat	kg/jam	0	0	0	0	38,2614	38,2614	0	0,1913	38,0701	0,0100	0,0100	38,0601	38,0601
Asam Akrilat	kg/jam	0	0	0	0	3826,1402	3826,1402	0	19,1307	3807,0095	1	1	3806,0095	3806,0095
Karbon Dioksida	kg/jam	0	0	0	0	28,0584	28,0584	0	8,2933	19,7651	19,7651	19,7651	0	0
Total						22921,2559	22921,2559		18435,7032	17784,5846	13939,6479	13939,6479	3845,9337	7691,8674

SIMBOL	KETERANGAN
LIC	Level Controller
PIC	Pressure Controller
TIC	Temperature Controller
	Nomor Arus
	Suhu, C
	Tekanan, atm
	Control Valve
	Electric Connection
	Piping
	Pneumatic
	Vent

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGIINDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGJAKARTA

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PABRIK ASAM AKRILAT DARI PROPILEN DAN UDARA
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

Dikerjakan oleh:
1. Tiara Habiba Jiddah 16521129
2. Meitipul Ade Reforwasih 16521178

Dosen pembimbing:
1. Arif Hidayat, Dr., S.T., M.T.
2. Ajeng Yulianti D. L.,S.T., M.T