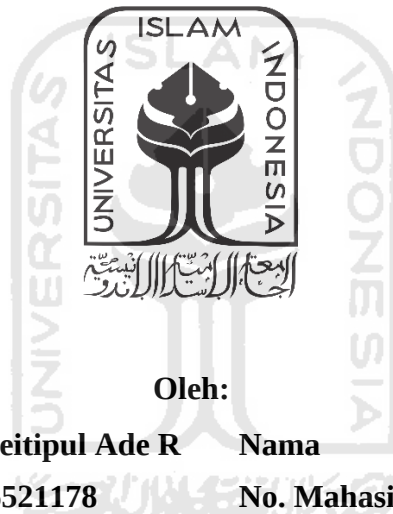


No: TA/TK/2020

**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

Nama : Tiara Habiba Jiddah

NIM : 16521178

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

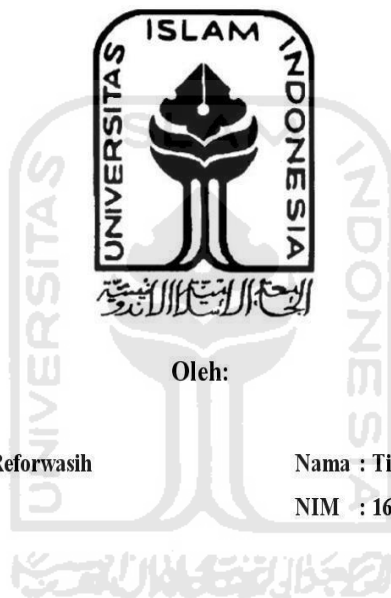
Penyusun 2



(Tiara Habiba Jiddah)

NIM 16521129

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**  
**PRA RANCANGAN PABRIK ASAM AKRILAT**  
**DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN**  
**PERANCANGAN PABRIK**



Nama : Meitipul Ade Reforwasih  
NIM : 16521178

Nama : Tiara Habiba Jiddah  
NIM : 16521129

Yogyakarta, 9 September 2020

Pembimbing I

Arif Hidayat, Dr., S.T., M.T.  
NIP: 005220101

Pembimbing II

11 Sept 2020

Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T  
NIP: 155211305

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI  
PRA RANCANGAN PABRIK ASAM AKRILAT DARI PROPILLEN 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)

Anggota I

  
28-Sep-20  
(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 PROPILLEN 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)

Anggota I

  
28-Sep-20  
(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. 

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

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

## 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 <i>What if analysis</i> .....                            | 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 <i>Physical Plant Cost</i> .....                                              | 115 |
| Tabel 4.25 <i>Direct Plant Cost (DPC)</i> .....                                          | 115 |
| Tabel 4.26 <i>Fixed Capital Investment (FCI)</i> .....                                   | 116 |
| Tabel 4.27 <i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i> .....                                  | 116 |
| Tabel 4.28 <i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i> .....                                | 116 |
| Tabel 4.29 <i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i> .....                                   | 117 |
| Tabel 4.30 <i>Total Manufacturing Cost (MC)</i> .....                                    | 117 |
| Tabel 4.31 <i>Working Capital (WC)</i> .....                                             | 117 |
| Tabel 4.32 <i>General Expense (GE)</i> .....                                             | 118 |
| Tabel 4.33 Total biaya produksi.....                                                     | 118 |
| Tabel 4.34 <i>Fixed cost (Fa)</i> .....                                                  | 118 |
| Tabel 4.35 <i>Variable cost (Va)</i> .....                                               | 119 |
| Tabel 4.36 <i>Regulated cost (Ra)</i> .....                                              | 119 |
| Tabel 4.37 Rekapitulasi komponen biaya untuk penentuan BEP dan SDP secara<br>grafis..... | 122 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 1.1 Konsumsi asam akrilat dunia .....                 | 5   |
| Gambar 4.1 <i>Lay out</i> 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 Route. Asam 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 propylene 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, propylene, 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 harus melebihi 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 di Indonesia 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 di Indonesia 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 industri plastik yang kita gunakan setiap harinya dimana asam akrilat dipakai sebagai bahan aditif plastic.

Apabila perkembangan industri kimia di Indonesia terus meningkat, maka diperkirakan permintaan Asam Akrilat sebagai 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 strategis dan dekat dengan bahan baku.
4. Dapat menjadi pabrik hulu untuk memacu produksi industri kimia lain, seperti pembuatan polimer, dan lainnya
5. Dapat meningkatkan perekonomian 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*, *vinylformic 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<sub>1</sub>.

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<br>P = 50 ATM | <p>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.</p> $4\text{C}_2\text{H}_2 + \text{Ni}(\text{CO})_4 + 4\text{H}_2\text{O} + 2\text{HCl} \longrightarrow 4\text{CH}_2=\text{CHO}_2\text{H} + \text{H}_2 + \text{NiCl}_2$                                                                                                                                | 90%  |
| 2 | Etylene Cyanohidrin Route | T = 100 °C<br>P = 13 ATM | <p>Proses ini adalah proses hidrolisa antara Etylene Cyanohidrin dan Asam Sulfat dengan produk samping Ammonium Sulfat dari 85% asam Sulfat.</p> $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CN} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{CH}_2=\text{CHCO}_2\text{H} + \text{NH}_4\text{HSO}_4$                                                                                                                                                                                                                                                            | 90%  |
| 3 | Propilen Oxidation Route  | T = 300 °C<br>P = 3 ATM  | <p>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 %.</p> $\begin{array}{lcl} \text{C}_3\text{H}_6 + \text{O}_2 & \longrightarrow & \text{C}_3\text{H}_4\text{O} + \text{H}_2\text{O} \\ \text{C}_3\text{H}_4\text{O} + \frac{1}{2}\text{O}_2 & \longrightarrow & \text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2 \end{array}$ | 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<br>(99,5%) | Akrolein  | Asam<br>Asetat         | Karbon<br>Dioksida |
| Wujud                       | Liquid                  | Gas       | Liquid                 | Gas                |
| Rumus Molekul               | $C_3H_4O_2$             | $C_3H_4O$ | $C_2H_4O_2$            | $CO_2$             |
| Berat Molekul,<br>kg/kmol   | 72                      | 56        | 60                     | 44                 |
| Titik Didih, °C             | 142                     | 52,2      | 117,8                  | -78,5              |
| Densitas                    | 1,04 g/ml<br>dalam 30 C | 0,8389    | 1,05 g/cm <sup>3</sup> | 1,98 g/L           |
| Titik Leleh, °C             | 14                      | -87,2     | 16,6                   | -56,6              |
| Spesifik Gravity            | 1,11                    | 0,8407    | 1,051                  | 1,528              |
| Kelarutan, g/L<br>pada 25°C | 1000                    | 212       | 1000                   | 2,9                |
| Temperatur<br>Kritis, °C    | 341,85                  | 254       | 321,25                 | 31                 |
| Tekanan Kritis,<br>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 spesifikasi 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:

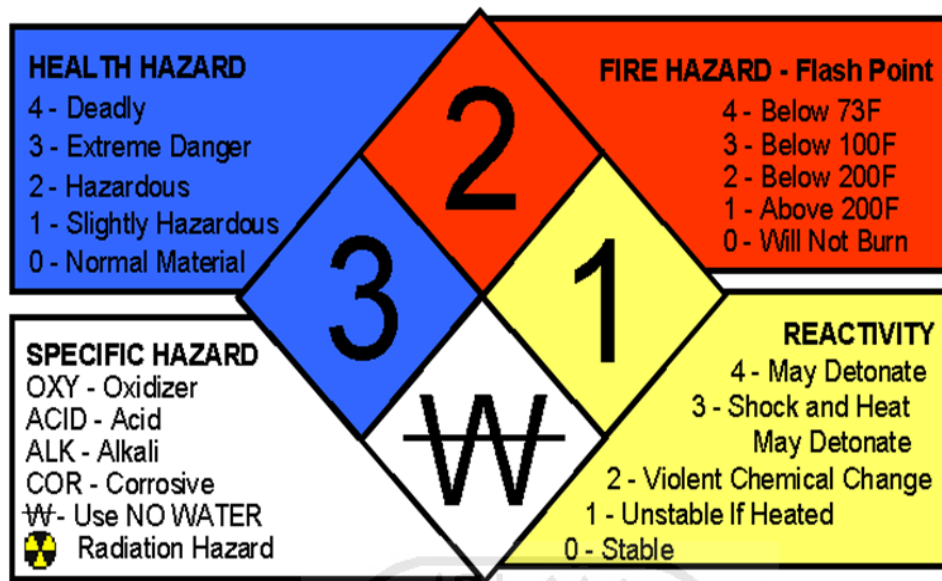
Tabel 2.3 Identifikasi Hazard

| No | Komponen     | Health | Fire | Reactivity | Personal Protection | Keterangan                                                                                                                                                                                                                                                                          | Pengelolaan                                                                                                                                                                                                  |
|----|--------------|--------|------|------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Propilen     | 2      | 4    | 1          |                     | <p><i>Flash Point:</i> - 185,5 °C.<br/> <i>Autoignition Point:</i> 455°C.<br/> <i>LFL:</i> 2,4%.<br/> <i>UFL:</i> 10,3%.<br/>           Larut dalam air.TWA : 500 ppm.</p>                                                                                                          | Disimpan pada tangki penyimpanan dalam keadaan sejuk. Jaga agar tangki penyimpanan 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                | <p><i>Flash Point:</i> 50°C (closedcup).<br/> <i>Autoignition Point:</i> 412°C.<br/> <i>LFL:</i> 2,4%.<br/> <i>UFL:</i> 17%.<br/> <i>LD50 :</i> 357 mg/kg. <i>TLV :</i> ( skin) 2 ppm.<i>STEL:</i> Not Established.<br/>           Larut dalam air.<i>Ecotoxicity in water.</i></p> | Disimpan pada tangki penyimpanan dalam keadaan sejuk. Jaga agar tangki penyimpanan 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                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Pengelolaan                                                                                                                                                                                                  |
|----|-------------|--------|------|------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3  | Asam Asetat | 2      | 0    | 0          |                     | <p><i>Flash Point:</i> 40°C.<br/> <i>Autoignition Point:</i> 516°C.<br/> <i>LFL:</i> 5,4%.<br/> <i>UFL:</i> 16%.<br/> <i>TWA:</i> 10 Ppm.<br/> <i>Stel</i> 15 ppm.<br/> <i>Oral (LD50 ) :</i> 3,310 mg/kg.</p>                                                                                       | Disimpan pada tangki penyimpanan dalam keadaan sejuk. Jaga agar tangki penyimpanan tertutup rapat. Hindari semua sumber api (nyala api atau percikan api) dan panas. Disimpan pada tangki yang tahan korosi. |
| 4  | Akrolein    | 4      | 3    | 3          |                     | <p><i>Flash Point:</i> - 26°C.<br/> <i>Autoignition:</i> 220°C.<br/> <i>LFL:</i> 2,8%.<br/> <i>UFL:</i> 31%.<br/> <i>TWA :</i> 0,1 ppm .<br/> <i>Stel :</i> 0,3 from TLV.<br/> <i>Acute oral toxicity (LD50):</i> 7 mg/kg<br/> <i>Larut dalam air dan bersifat toksik bagi organisme akuatik</i></p> | 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 = minimum 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°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*

| <b><i>What If Question</i></b>                   | <b><i>Akibat</i></b>                                                                                                                                                                                                                              | <b><i>Rekomendasi</i></b>                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bagaimana jika suhu di dalam reactor meningkat ? | Dapat terjadi <i>hotspot</i> dalam katalis reactor, katalis rusak, terjadi <i>Runaway reation</i> Dapat terjadi kenaikan tekanan sehingga reactor akan mengalami <i>overpressure</i> dan dapat berpotensi ledakan apabila tidak segera ditangani. | Dipasang temperature <i>controller</i> pada beberapa titik di sepanjang <i>tube</i> 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 <i>temperature controller</i> pada beberapa titik di sepanjang <i>tube</i> yang dihubungkan dengan aliran pendingin masuk untuk mengatur kecepatan arus pendingin. |
| Bagaimana jika tekanan di dalam reaktor meningkat? | Apabila tekanan terus naik maka reaktor akan mengalami <i>overpressure</i> dan dapat berpotensi ledakan jika tidak segera ditangani. | Dipasang <i>pressure controller</i> yang mengatur arus masuk reaktor. Dipasang <i>relief valve</i> 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 tersebar di beberapa titik pada ketinggian berbeda. Hal ini dikarenakan suhu di dalam reaktor tidak seragam. Jika ketidakseragaman tersebut berada dalam *range set point* yang telah ditentukan oleh *controller* maka proses dianggap normal. Namun apabila banyak titik yang melaporkan deviasi yang cukup besar dari *set point*, maka perlu dilakukan tindakan.

□ *Pressure Relief valve*

*Pressure Relief valve* digunakan untuk mengantisipasi bila terjadi *overpressure* dalam reaktor. *Relief valve* yang dipakai adalah jenis *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

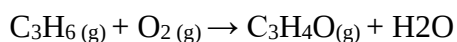
##### 3.1.1 Tahap Preparasi Bahan Baku

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 berfase 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 mengumpulkannya 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

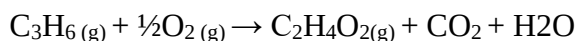
##### 3.1.2 Tahap Reaksi

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<sub>3</sub>). 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:

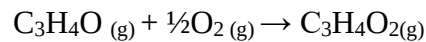
Reaksi utama yang terjadi di reaktor zona I :



Reaksi samping zona I :



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 :



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 Absorpsi Asam Akrilat (T-101) menjadi 107°C. Pemisahan produk menggunakan Menara Absorpsi 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 Absorpsi Asam Akrilat (T-101) sedangkan sebagai penyerapnya adalah air yang masuk lewat bagian atas kolom Menara Absorpsi Asam Akrilat (T-101). Pada pemisahan Menara Absorpsi 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 Absorpsi 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°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°C. Produk asam akrilat kemudian disimpan pada fase cair di tangki penyimpanan pada suhu 30°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 <sup>3</sup>                                    |
| Waktu penyimpanan | : | 7 hari                                                 |
| Suhu penyimpanan  | : | 27 °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<sup>3</sup>

Kondisi Operasi

Tekanan = 1 atm

Suhu = 30°C

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<br>(in) | Tebal Standar<br>(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 = 300°C

Zona II

Eksotermis

Tekanan = 3 atm

Suhu = 250°C

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 ( $\text{MoO}_3$ ) |
| 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 Absorpsi Asam Akrilat (T-101)

Fungsi : Menyerap asam akrilat yang terbentuk

Jenis : Packing Tower

Kondisi Operasi

Tekanan = 2,35 atm

Suhu = 80°C

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°C

- Umpan

Tekanan = 2,35 atm

Suhu = 80°C

- Dasar Menara

Tekanan = 2,52 atm

Suhu = 171, 59°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 <sup>2</sup>                                            |
| 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<sup>2</sup>.°F/Btu

Dirt Factor available : 0,0036 hr.ft<sup>2</sup>.°F/Btu

Catatan : E-101 memenuhi syarat, karena  $R_d \text{ available} > R_d \text{ min}$

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<sup>2</sup>

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<sup>2</sup>.°F/Btu

Dirt Factor available : 0,0164 hr.ft<sup>2</sup>.°F/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<sup>2</sup>

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<sup>2</sup>.°F/Btu

Dirt Factor available : 0,0063 hr.ft<sup>2</sup>.°F/Btu

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

Bahan : *Stainless Steel*

Jumlah Alat 1

Harga : Rp.43.541.312

### 3.2.8 Cooler Ke Tangki produk Asam Akrilat ( AA )

Fungsi : Mendinginkan fluida yang berasal dari 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<sup>2</sup>

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<sup>2</sup>.°F/Btu

Dirt Factor available : 0,0206 hr.ft<sup>2</sup>.°F/Btu

Catatan : E-104 memenuhi syarat, karena  $R_d \text{ available} > R_d \text{ min}$

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<sup>3</sup>/jam

Spesifikasi :

- ID = 1,61 m

- OD = 1,9 m

- a't = 2,04 m<sup>2</sup>

- 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<sup>3</sup>/jam

Spesifikasi :

- ID = 0,2545 m

- OD = 0,27 m

- a't = 0,0508 m<sup>2</sup>

- 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<sup>3</sup>/jam

Spesifikasi :

- ID = 3,068 m

- OD = 3,5 m

- a't = 7,38 m<sup>2</sup>

- 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 absorpsi asam akrilat menuju menara distilasi asam akrilat

Jenis : Pompa sentrifugal

Bahan : Comercial steel

|            |                             |
|------------|-----------------------------|
| Head       | : 3.4 m                     |
| Debit      | : 4,785 m <sup>3</sup> /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 tangki penyimpanan asam akrilat |
| Jenis      | : Pompa sentrifugal                                                                            |
| Bahan      | : <i>Comercial steel</i>                                                                       |
| Head       | : 3,6 m                                                                                        |
| Debit      | : 1,4894 m <sup>3</sup> /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 <i>heater</i> udara |
| Jenis           | : <i>Centrifugal blower</i>                                 |
| Bahan           | : <i>Carbon steel SA-283 grade C</i>                        |
| Suhu Operasi    | : 32°C                                                      |
| Tekanan Operasi | : 1 atm                                                     |

|                    |   |                |
|--------------------|---|----------------|
| <i>Power Motor</i> | : | 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        | : | <i>Bag house filter</i>                                                        |
| Bahan        | : | <i>Carbon steel SA-283 grade C</i>                                             |
| Diameter Bag | : | 0,2032 m                                                                       |
| Panjang Bag  | : | 2,4384 m                                                                       |
| Jumlah Bag   | : | 40 buah                                                                        |
| Harga        | : | Rp 139.332.199                                                                 |

### 3.2.17 Kompresor (C-101)

|        |   |                                                             |
|--------|---|-------------------------------------------------------------|
| Fungsi | : | Menaikkan tekanan udara dari tekanan 1,2 atm menjadi 3 atm. |
| Jenis  | : | <i>Centrifugal, double stage</i>                            |
| 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<sup>2</sup>

Panjang : 20 ft

Pitch (P<sub>T</sub>) : 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 H<sub>2</sub>O

Ukuran:

- Jumlah Tube 600

- OD ; BWG : 3/4 in; 16

- ID : 0,620 in

- Pass 1

Dirt Factor min : 0,0020 hr.ft<sup>2</sup>.°F/Btu

Dirt Factor available : 0,0030 hr.ft<sup>2</sup>.°F/Btu

|             |                                                                               |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Catatan     | : Kondensor memenuhi syarat, karena $R_d \text{ available} > R_d \text{ min}$ |
| Bahan       | : <i>Stainless Steel</i>                                                      |
| 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<sup>2</sup>

Panjang : 20 ft

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

*Shell Side*

- Fluida dingin : Asam akrilat dan H<sub>2</sub>O

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 <sup>2</sup> .°F/Btu                      |
| Dirt Factor available | : 0,0040 hr.ft <sup>2</sup> .°F/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 ketersediaan 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 ketersediaan bahan baku (ton/tahun) |
|-------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------|
| Kebutuhan Propylene<br>= 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 penentuan 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 kontinuitas 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](http://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 industri tekstil yang juga berada di Cilegon,Banten. Lokasi ini merupakan daerah industri 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°C.

#### **4.1.7 Sosial Masyarakat**

Pabrik ini akan membuka peluang 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 konstruksinya yang memenuhi syarat,
- g. Fleksibilitas dalam perancangan 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 semimum 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 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 bangunan pabrik dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.1. Perincian luas tanah dan bangunan pabrik

| NO                   | lokasi                     | panjang,<br>m | lebar, m   | luas,<br>m <sup>2</sup> | skala (in) |             |                 |
|----------------------|----------------------------|---------------|------------|-------------------------|------------|-------------|-----------------|
|                      |                            | m             | m          | m <sup>2</sup>          | 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         |
| <b>Luas Tanah</b>    |                            | 152.4         | 89.96062   | <b>13710</b>            | 12         | 7.083514167 | <b>85.0022</b>  |
| <b>Luas Bangunan</b> |                            |               |            | <b>8610</b>             |            |             | <b>53.3821</b>  |
| <b>Total</b>         |                            | <b>453</b>    | <b>370</b> | <b>13710</b>            |            |             | <b>85.00217</b> |

# 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 dan 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**

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

#### **4.3.3 Pencehayaan**

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.

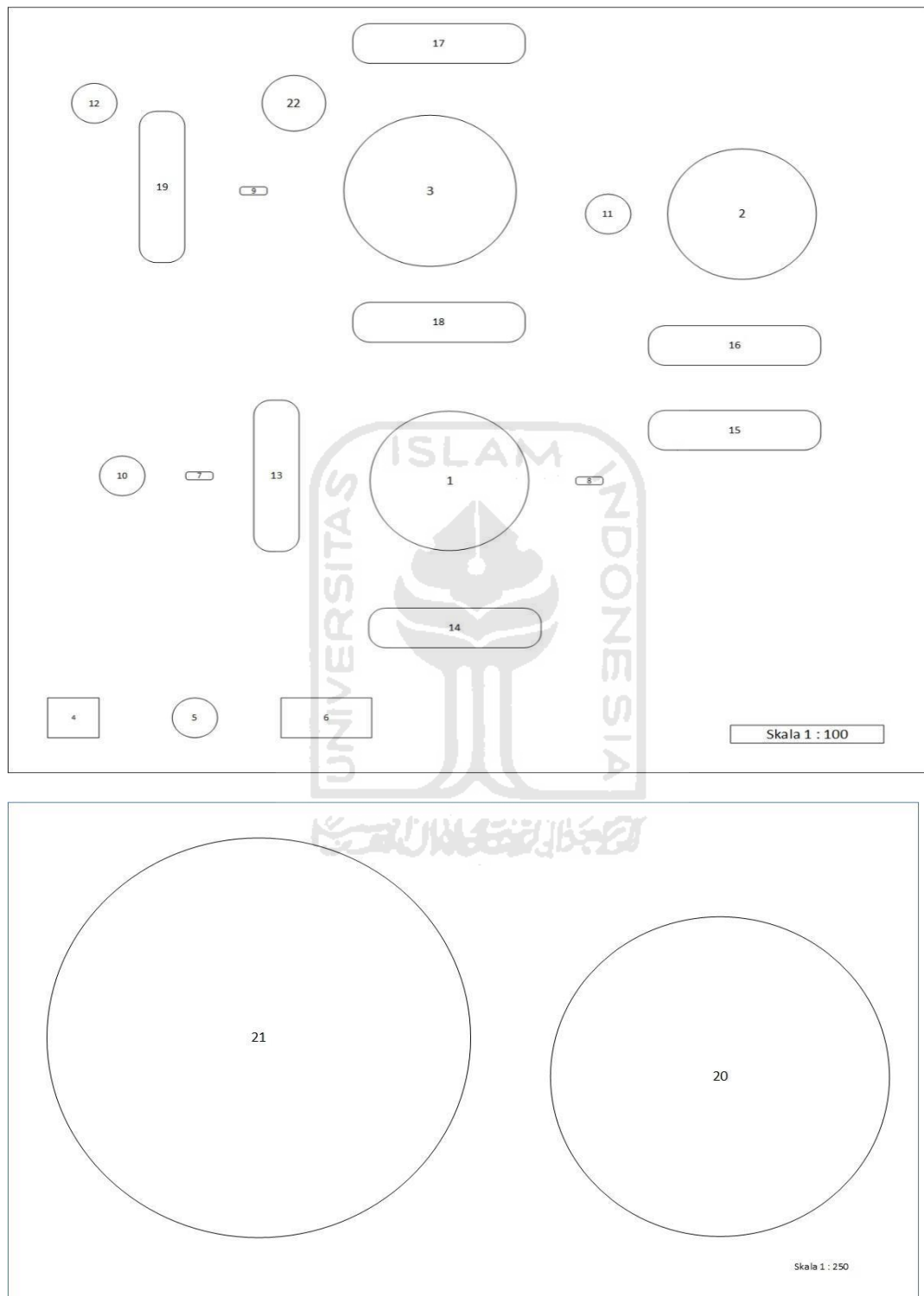
### **Pertimbangan Ekonomi**

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 Absorpsi Asam Akrilat (T-101)
3. Menara Distilasi Asam Akrilat (T-102)
4. Filter (F-101)
5. Blower (BL-101)
6. Kompresor (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     |
|---------------------------------|------------|------------|
| C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>   | 2356.2019  | 58.9050    |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>   | 20.8520    | 20.8520    |
| O <sub>2</sub>                  | 3467.2849  | 1686.3544  |
| N <sub>2</sub>                  | 13043.5957 | 13043.5957 |
| H <sub>2</sub> O                | 4033.3214  | 5017.8771  |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O |            | 3027.3518  |
| CH <sub>3</sub> COOH            |            | 38.2614    |
| CO <sub>2</sub>                 |            | 28.0584    |
| TOTAL                           | 22921.2559 | 22921.2559 |

Tabel 4.4 Neraca massa reaktor *stage* 2

| komponen                                     | masuk      | keluar     |
|----------------------------------------------|------------|------------|
| C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>                | 58.9050    | 58.9050    |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>                | 20.8520    | 20.8520    |
| O <sub>2</sub>                               | 1686.3544  | 836.1010   |
| N <sub>2</sub>                               | 13043.5957 | 13043.5957 |
| H <sub>2</sub> O                             | 5017.8771  | 5017.8771  |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O              | 3027.3518  | 51.4650    |
| CH <sub>3</sub> COOH                         | 38.2614    | 38.2614    |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> |            | 3826.1402  |
| CO <sub>2</sub>                              | 28.0584    | 28.0584    |
| TOTAL                                        | 22921.2559 | 22921.2559 |

#### 4.4.1.2 Menara Absorpsi Asam Akrilat (T-101)

Tabel 4.5 Neraca massa menara absorpsi asam akrilat

| Komponen                                     | Input (kg/jam) | Output (kg/jam) |                  |
|----------------------------------------------|----------------|-----------------|------------------|
|                                              |                | Atmosfer        | Menara Distilasi |
| C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>                | 58,9050        | 56.1778         | 2,7262           |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>                | 20,8520        | 20.0015         | 0,8506           |
| O <sub>2</sub>                               | 836,1010       | 835.5694        | 0,5316           |
| N <sub>2</sub>                               | 13043,5957     | 12796.8732      | 246,7225         |
| H <sub>2</sub> O                             | 18316,9091     | 4699.4650       | 13617,441        |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O              | 51,4650        | 0               | 51,4650          |
| CH <sub>3</sub> COOH                         | 38,2614        | 0,1913          | 38.0701          |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> | 3826,1402      | 19,1307         | 3807,0095        |
| CO <sub>2</sub>                              | 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<br>(kg/jam) | Output (kg/jam) |             |
|----------------------------------------------|-------------------|-----------------|-------------|
|                                              |                   | Hasil atas      | Hasil bawah |
| C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>                | 2,7262            | 2,7262          |             |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>                | 0,8506            | 0,8506          |             |
| O <sub>2</sub>                               | 0,5316            | 0,5316          |             |
| N <sub>2</sub>                               | 246,7225          | 246,7225        |             |
| H <sub>2</sub> O                             | 13617,441         | 13616,5769      | 1,8641      |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O              | 51,4650           | 51,4650         |             |
| CH <sub>3</sub> COOH                         | 38,0701           | 0,0100          | 38,0601     |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> | 3807,0095         | 1               | 3806,0095   |
| CO <sub>2</sub>                              | 19,7651           | 19,7651         |             |
| TOTAL                                        | 17784,5816        | 17784,5816      |             |

#### 4.4.1 Neraca Panas

Basis perhitungan : 1 jam

Suhu referensi : 25°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                    | $\Delta H$ in (kJ/j) | $\Delta H$ 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 ( $C_2H_4O_2$ ) | -                    | 57771.3865            |
| Panas Reaksi                | 1390758.6984         | -                     |
| Panas yang Diambil          | -                    | 25404651.4458         |
| Total                       | 9513432.7521         | 9513432.7521          |

Tabel 4.10 Neraca panas Reaktor *stage 2*

| Komponen                     | $\Delta H$ in (kJ/j) | $\Delta H$ out (kJ/j) |
|------------------------------|----------------------|-----------------------|
| Propilen ( $C_3H_6$ )        | 32453.0209           | 32453.0209            |
| Propana ( $C_3H_8$ )         | 12905.8451           | 12905.8451            |
| Oksigen ( $O_2$ )            | 442474.7633          | 999427.4283           |
| Nitrogen ( $N_2$ )           | 3765652.3764         | 3765652.3764          |
| Air ( $H_2O$ )               | 2657695.5185         | 2657695.5185          |
| Akrolein ( $C_3H_4O$ )       | 857584.5570          | 58024.1648            |
| Karbon Dioksida ( $CO_2$ )   | 7432.5306            | 7432.5306             |
| Asam Aetat ( $C_2H_4O_2$ )   | 0.0000               | 0.0000                |
| Asam Akrilat ( $C_3H_4O_2$ ) |                      | 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 Absorpsi Asam Akrilat (T-101)

Tabel 4.13 Neraca panas menara absorpsi 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 <sub>2</sub> )                           | 2074.76    | 8257.54 | -          |
| Asam Asetat (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> )  | 0.00       | -       | 28034.92   |
| Asam Akrilat (C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> ) | 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 <sub>3</sub> H <sub>6</sub> )                    | 31242,7809    | 29426,4872    | 0,00         |
| Propana (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )                     | 15745,2701    | 14838,5371    | 0,00         |
| Oksigen (O <sub>2</sub> )                                    | 353,0985      | 328,3688      | 0,0000       |
| Nitrogen (N <sub>2</sub> )                                   | 6045,7677     | 5631,8915     | 0,0000       |
| Air (H <sub>2</sub> O)                                       | 24994258,8882 | 23758513,8849 | 908,9072     |
| Asam Akrilat (C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> ) | 3416162,7623  | 169,3807      | 6361265,8086 |
| Asam Asetat (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> )  | 35293,2580    | 17765,3038    | 30798,1142   |
| Akrolein (C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O)                   | 3482,4481     | 3299,7224     | 0,0000       |
| Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> )                           | 91,2199       | 82,2683       | 0,0000       |
| Reboiler                                                     | 214273325,33  | -             | -            |
| Kondensor                                                    | -             | 212552972,15  |              |

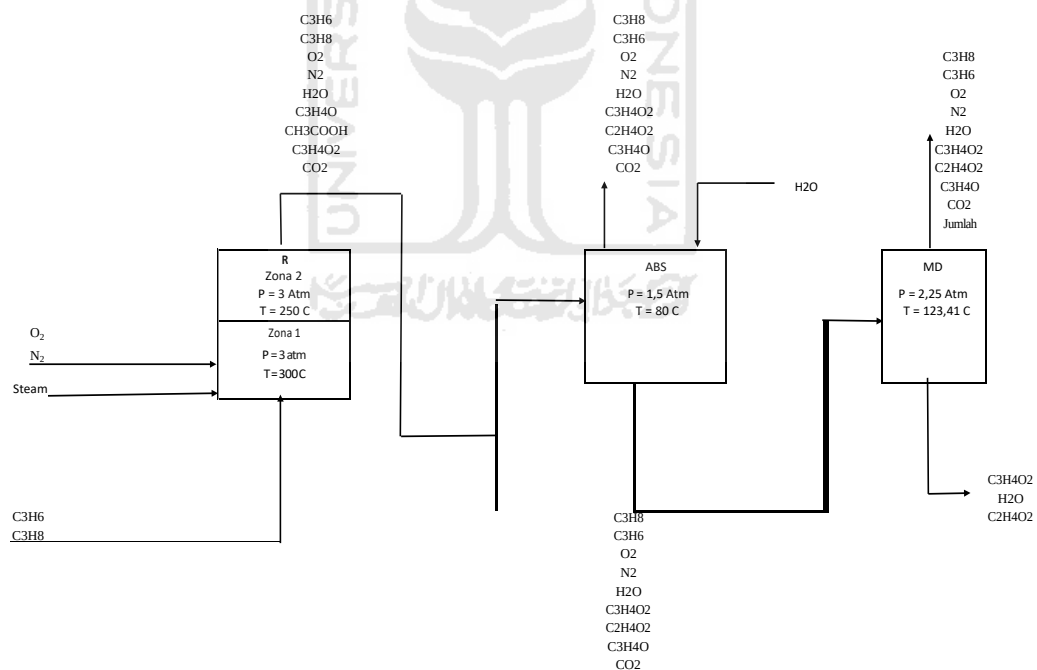
|                    |              |              |
|--------------------|--------------|--------------|
| Panas yang diambil | -            | 455328972,98 |
| Total              | 242776000,83 | 242776000,83 |

#### 4.4.2.7 Cooler (E-106)

Tabel 4.15 Neraca panas E-106

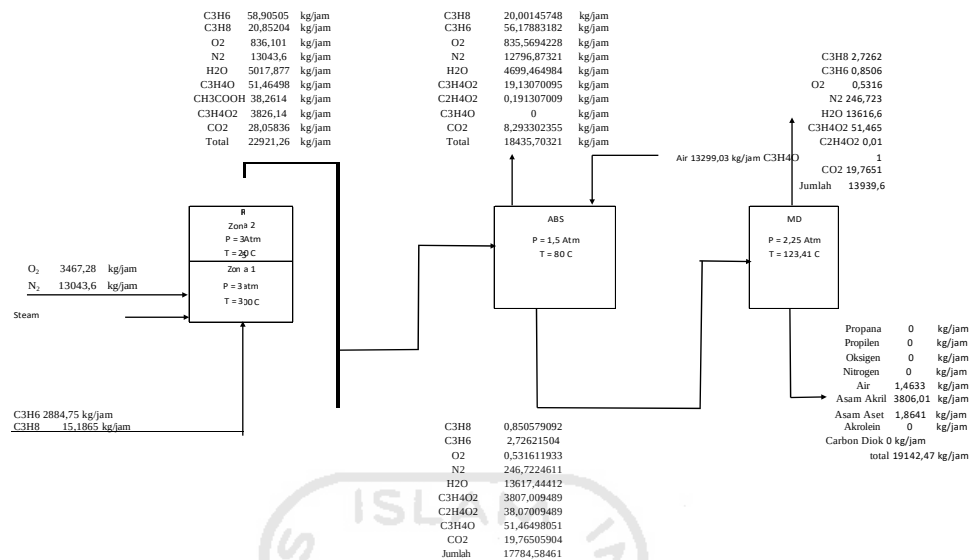
| Komponen  | Qin       | Qout      |
|-----------|-----------|-----------|
| Q1        | 872866.90 |           |
| Q2        |           | 20434.35  |
| SUB TOTAL | 872866.90 | 20434.35  |
| Qp        |           | 852432.55 |
| Total     | 872866.90 | 872866.90 |

#### 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:

- 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 menyebabkan 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 ( <i>total dissolved solid</i> ) | 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 kebiasaan 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*

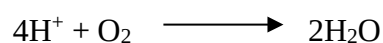
Kerak dalam *boiler* dapat menyebabkan hal – hal berikut:

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

c. Tidak menyebabkan korosi pada pipa

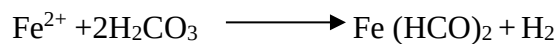
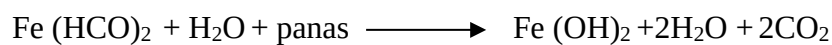
Korosi pada pipa disebabkan oleh pH rendah, minyak dan lemak, bikarbonat, dan bahan organik serta gas – gas H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, yang terlarut dalam air. Reaksi elektro kimia antar besi dan air akan membentuk lapisan pelindung anti korosi pada 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:



Bikarbonat dalam air akan membentuk CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> kembali.

Berikut adalah reaksi yang terjadi:



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

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

## 2. Penyaringan

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

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

## 3. Demineralisasi

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

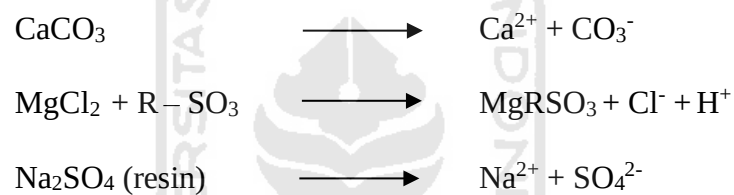
Adapun tahap-tahap proses pengolahan air untuk umpan ketel adalah sebagai berikut:

a. *Cation Exchanger*

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

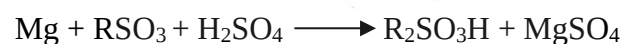
Sehingga air yang keluar dari *cation tower* adalah air yang mengandung anion dan ion  $H^+$ .

Reaksi:



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

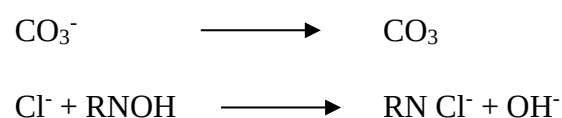
Reaksi:



b. *Anion Exchanger*

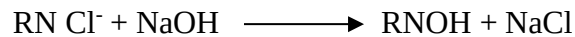
*Anion exchanger* berfungsi untuk mengikat ion-ion negatif (anion) yang terlarut dalam air, dengan resin yang bersifat basa, sehingga anion-anion seperti  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  dan  $\text{SO}_4^{2-}$  akan membantu garam resin tersebut.

Reaksi:



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

Reaksi:



c. Deaerasi

Deaerasi adalah proses pembebasan air umpan ketel dari oksigen ( $\text{O}_2$ ). Air yang telah mengalami demineralisasi (*polish water*) dipompakan ke dalam *deaerator* dan diinjeksikan *hidrazin* ( $\text{N}_2\text{H}_4$ ) untuk mengikat oksigen yang terkandung dalam air sehingga dapat mencegah terbentuknya kerak (*scale*) pada *tube boiler*.

Reaksi:



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

#### 4.5.1.3 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         |
|              |       |                 |
| <b>Total</b> |       | 117754.63       |
|              |       |                 |

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

$$= 141305.5502 \text{ kg/jam}$$

## 2. Kebutuhan air proses

Tabel 4.1.5 Kebutuhan Air Proses

| Nama Alat | Kode | Jumlah (kg/jam)    |
|-----------|------|--------------------|
| Reaktor   |      | <b>145133.4595</b> |
| 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<sub>2</sub>, Ca dan Mg yang mungkin masih terikut dengan jalan menambahkan bahan - bahan kimia ke dalam *boiler feed water tank*. Selain itu juga perlu diatur pHnya yaitu sekitar 10,5 – 11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi korosivitasnya tinggi.

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

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

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

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

Berikut adalah spesifikasi generator yang digunakan:

Kapasitas : 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           |
| <b>Total</b> |           | <b>34.3828</b> | <b>25,639.2467</b> |

- Peralatan Utilitas

Tabel 4.21 Kebutuhan listrik alat utilitas

| Alat                                        | Kode Alat | Daya |            |
|---------------------------------------------|-----------|------|------------|
|                                             |           | Hp   | Watt       |
| Bak Penggumpal<br>(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 |
| <b>Total</b> | <b>294,15</b> | <b>196,068.5772</b> |           |

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<sup>3</sup>/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 mengandung senyawa propilen, asam asetat, CO<sub>2</sub> 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*

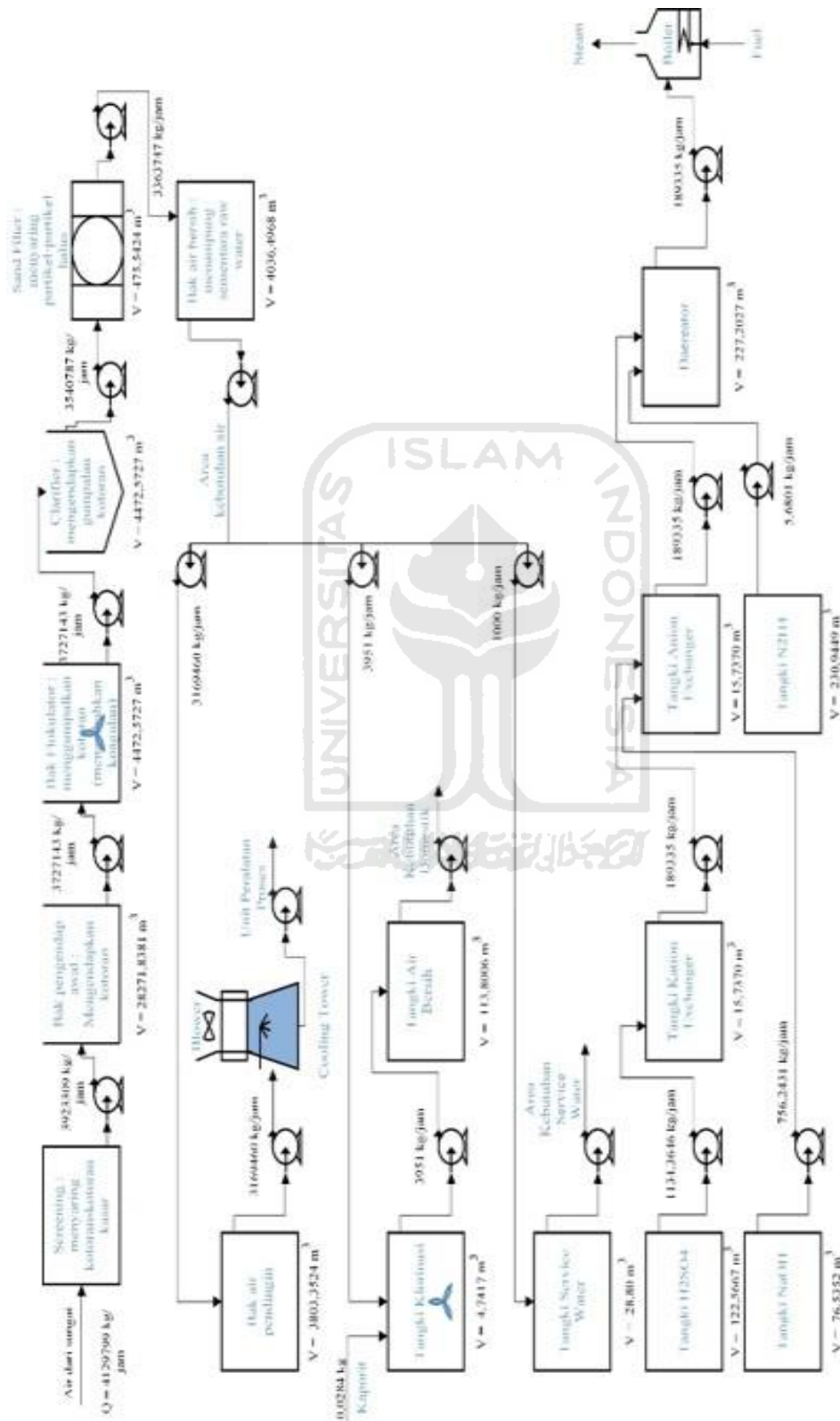
*Treatment* kedua dilakukan jika limbah cair memiliki pH tidak netral. Proses penetralan dilakukan dengan cara menambahkan senyawa kimia yang dapat menetralkan atau dengan menambahkan air pada limbah cair tersebut.

- *Treatment Ketiga*

*Treatment ketiga berfungsi untuk membunuh mikroorganisme patogen yang terkandung didalam air limbah. Desinfektasi mikroorganisme patogen dilakukan dengan cara menijeksi gas Cl<sub>2</sub> 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 perusahaan Perseroan Terbatas (PT) adalah sebagai berikut:

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

### **4.6.2 Struktur Organisasi**

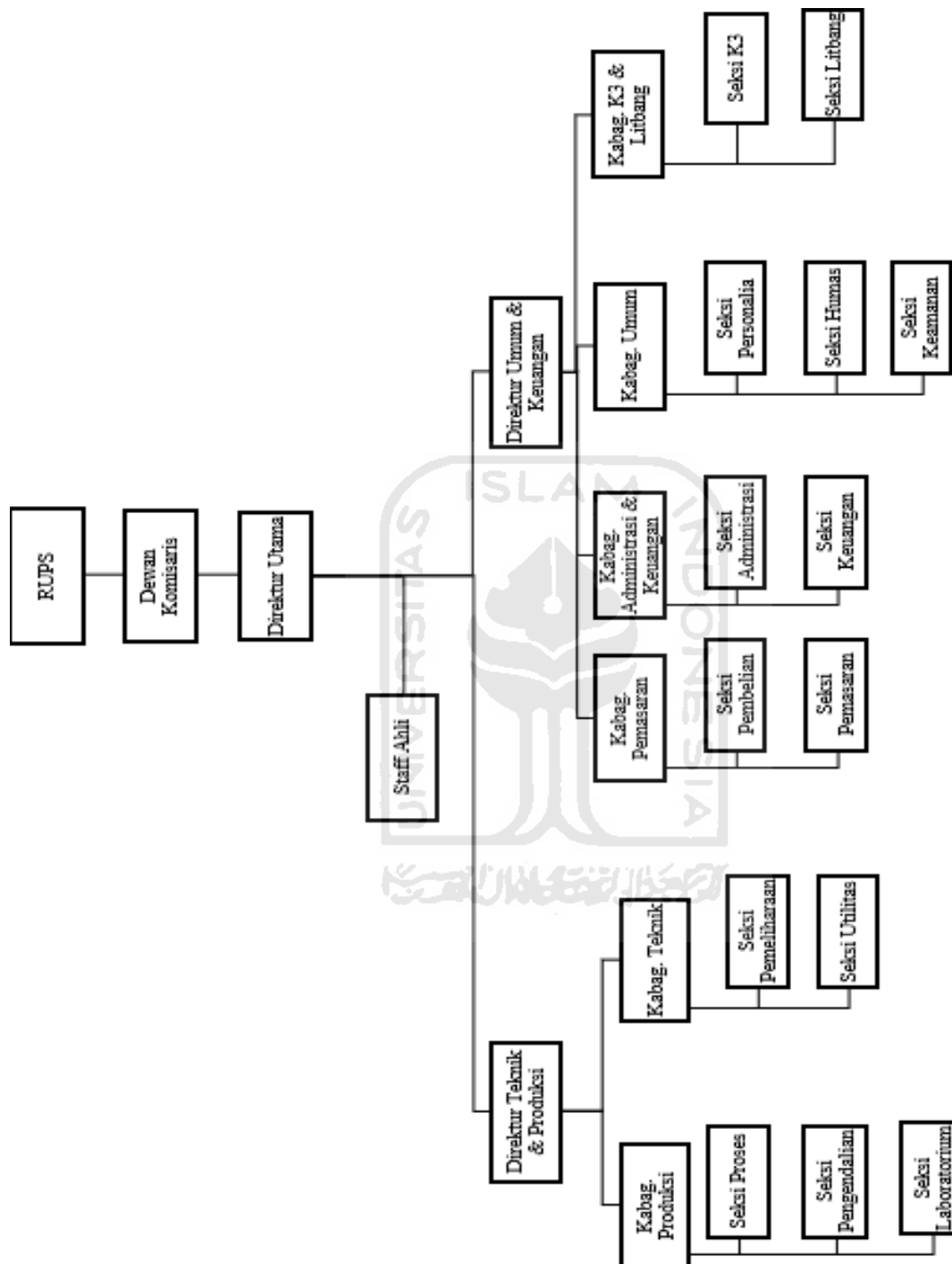
Dalam rangka menjalankan suatu proses pabrik dengan baik dalam hal ini di suatu perusahaan, diperlukan suatu manajemen atau organisasi yang memiliki pembagian tugas dan wewenang yang baik. Struktur organisasi yang tersusun rapi dan terorganisasi dengan baik akan berpengaruh pada setiap proses di pabrik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

1. Pemegang saham

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

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





Gambar 4.6 Struktur organisasi perusahaan

### **4.6.3 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 pengarahannya 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. Merencanakan dan mengawasi pelaksanaan tugas setiap personalia yang bekerja pada perusahaan

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

Berikut tugas-tugasnya adalah:

##### **1. Direktur Teknik dan Produksi**

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

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

- a. Kepala Bagian Produksi

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

b. Kepala Bagian Teknik

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

2. Direktur Keuangan dan Umum

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

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**

Karyawan 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 regu dapat dilihat pada Tabel 4.23

Tabel 4.23 jadwal regu karyawan shift.

| Regu<br>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           | Gaji         | Gaji          |
|-----|------------------------------------|--------|----------------|--------------|---------------|
|     |                                    |        | (/orang/bulan) | (/bulan)     | (/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.<br>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<br>Pengendalian | 4 | Rp6,000,000  | Rp24,000,000 | Rp288,000,000 |
| 27. | Karyawan<br>Laboratorium | 4 | Rp6,000,000  | Rp24,000,000 | Rp288,000,000 |
| 28. | Karyawan<br>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<br>Pemasaran    | 4 | Rp5,000,000  | Rp20,000,000 | Rp240,000,000 |
| 32. | Karyawan<br>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<br>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.   | <i>Cleaning service</i> | 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 kesejukan 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 pertanggungjawaban 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 dan terjadinya titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu Analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan dan layak atau tidaknya untuk didirikan. Dalam evaluasi ekonomi in faktor – faktor yang ditinjau adalah:

- 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

| <b>Tahun</b> | <b>Index</b> |
|--------------|--------------|
| 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](http://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](http://www.matche.com). Persamaan yang digunakan untuk menghitung harga alat pada tahun evaluasi yaitu:

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

(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 ( <i>Iron Molybdenum Oxyde</i> ) | = 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*

*General 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°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.

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

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

#### 4.7.4.2 Pay Out Time (POT)

*Pay Out Time* (POT) adalah:

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

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

#### 4.7.4.3 Break Even Point (BEP)

*Break Even Point* (BEP) adalah:

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

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

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

Dalam hal ini:

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

#### 4.7.4.4 Shut Down Point (SDP)

*Shut Down Point* (SDP) adalah:

- 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*).
- Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus berhenti beroperasi atau tutup.
- Level produksi di mana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Cost*.
- Merupakan titik produksi dimana pabrik mengalami kebangkrutan sehingga pabrik harus berhenti atau tutup.

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

## 4.7.4.5

**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.  | <i>Raw Material</i>       | 690,219,821,46 | 46636474,4490      |
| 2.  | <i>Labor</i>              | 1,052,160,000  | 106,637.84         |
| 3.  | <i>Supervisor</i>         | 1,052,160,000  | 71091,89189        |
| 4.  | <i>Maintenance</i>        | 68,470,950,181 | 4626415,553        |
| 5.  | <i>Plant Suplies</i>      | 10,270,642,527 | 11333,93169        |
| 6.  | <i>Royalty and Patent</i> | 12,491,505,67  | 844020,6667        |
| 7.  | Bahan utilitas            | 5,965,965,236  | 403,105,76         |
|     | <b>Total</b>              | 86,811,877,944 | 487,674,055,705.84 |

Tabel 4.28 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

| No | Komponen                    | Harga (Rp)       | Harga (\$)   |
|----|-----------------------------|------------------|--------------|
| 1  | <i>Payroll Overhead</i>     | 1,578,240,000    | 106,637,84   |
| 2  | <i>Laboratory</i>           | 1,052,160,000    | 71,091,89    |
| 3  | <i>Plant Overhead</i>       | 5,260,00,000     | 355,459.46   |
| 4  | <i>Packaging n Shipping</i> | 124,915,058,675  | 8,440,206,67 |
|    | <b>Total IMC</b>            | 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.  | <i>Propertay tax</i> (1% FCI) | 2,738,838,007     | 297,699.78   |
| 3.  | Asuransi (1% FCI)             | 2,738,838,007     | 185,057      |
|     | <b>Total</b>                  | 27,388,380,072    | 2,864,355    |

Tabel 4.30 *Total Manufacturing Cost (MC)*

| No. | Komponen                           | Harga (Rp)         | Harga (\$)    |
|-----|------------------------------------|--------------------|---------------|
| 1.  | <i>Direct Manufacturing Cost</i>   | 892,932,154,496.20 | 60,333,253.68 |
| 2.  | <i>Indirect Manufacturing Cost</i> | 132,806,258,675    | 8,973,395.6   |

|    |                                 |                   |              |
|----|---------------------------------|-------------------|--------------|
| 3. | <i>Fixed Manufacturing Cost</i> | 27,388,30.072     | 1,850,566.22 |
|    | <b>Total</b>                    | 1,025,738,413,171 | 71,157,215.5 |

Tabel 4.31 *Working Capital (WC)*

| No. | Komponen                      | Harga (Rp)        | Harga (\$)        |
|-----|-------------------------------|-------------------|-------------------|
| 1.  | <i>Raw Material Inventory</i> | 14,641,026,527    | 989,259           |
| 2.  | <i>Inproses Inventory</i>     | 1,595,646,656     | 107,813.96        |
| 3.  | <i>Product Inventory</i>      | 22,339,053,190.00 | 1,509,395.49      |
| 4.  | <i>Extended credit</i>        | 26,497,133,658.24 | 1,790,346.86<br>9 |
| 5.  | <i>Available cash</i>         | 95,73,799,35.73   | 6,468,837.80      |
|     | <b>Total</b>                  | 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.  | <i>Sales expense</i> (15% MC) | 52,656,339,662.15 | 3,557,860.79 |
| 3.  | <i>Research</i> (6% MC)       | 36,859,437,763.51 | 2,490,502.55 |
| 4.  | <i>Finance</i> (4% MC)        | 8,693,909,202.74  | 587,426.30   |

|  |              |                 |           |
|--|--------------|-----------------|-----------|
|  | <b>Total</b> | 129,803,490,426 | 8,770,506 |
|--|--------------|-----------------|-----------|

Tabel 4.33 Total biaya produksi

| No. | Komponen                  | Harga (Rp)        | Harga (\$)    |
|-----|---------------------------|-------------------|---------------|
| 1.  | <i>Manufacturing Cost</i> | 1,053,126,793,243 | 71,157,215.76 |
| 2.  | <i>General Expense</i>    | 129,803,490,426   | 8,770,506.11  |
|     | <b>Total</b>              | 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.  | <i>Property tax</i> | 2,738,838,007  | 185,057       |
| 3.  | Asuransi            | 2,738,838,007  | 185,057       |
|     | <b>Total</b>        | 27,388,380,072 | 1,850,566.221 |

Tabel 4.35 *Variable cost (Va)*

| No | Komponen            | Harga (Rp)      | Harga (\$) |
|----|---------------------|-----------------|------------|
| 1  | <i>Raw Material</i> | 690,219,821,846 | 466,364.45 |

|   |                                |                 |               |
|---|--------------------------------|-----------------|---------------|
| 2 | <i>Packing n Shipping</i>      | 124,915,058,675 | 8,440,206.667 |
| 3 | Utilitas                       | 99,905,474,075  | 6,750,369.87  |
| 4 | <i>Royalties &amp; patents</i> | 12,491,505,867  | 844,020.6667  |
|   | <b>Total Va</b>                | 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 |
| <i>Total Production Cost</i> | = 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)

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

$$\text{ROI sebelum pajak} = 24,1782 \%$$

$$\text{ROI sesudah pajak} = 19,3426 \%$$

##### 4.7.7.2 Pay Out Time (POT)

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

$$\text{POT sebelum pajak} = 3.11 \text{ tahun}$$

$$\text{POT sesudah pajak} = 3.66 \text{ tahun}$$

##### 4.7.7.3 Break Event Point (BEP)

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

$$\text{BEP} = 42,38 \%$$

##### 4.7.7.4 Shut Down Point (SDP)

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

$$\text{SDP} = 30,27 \%$$

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

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

*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*

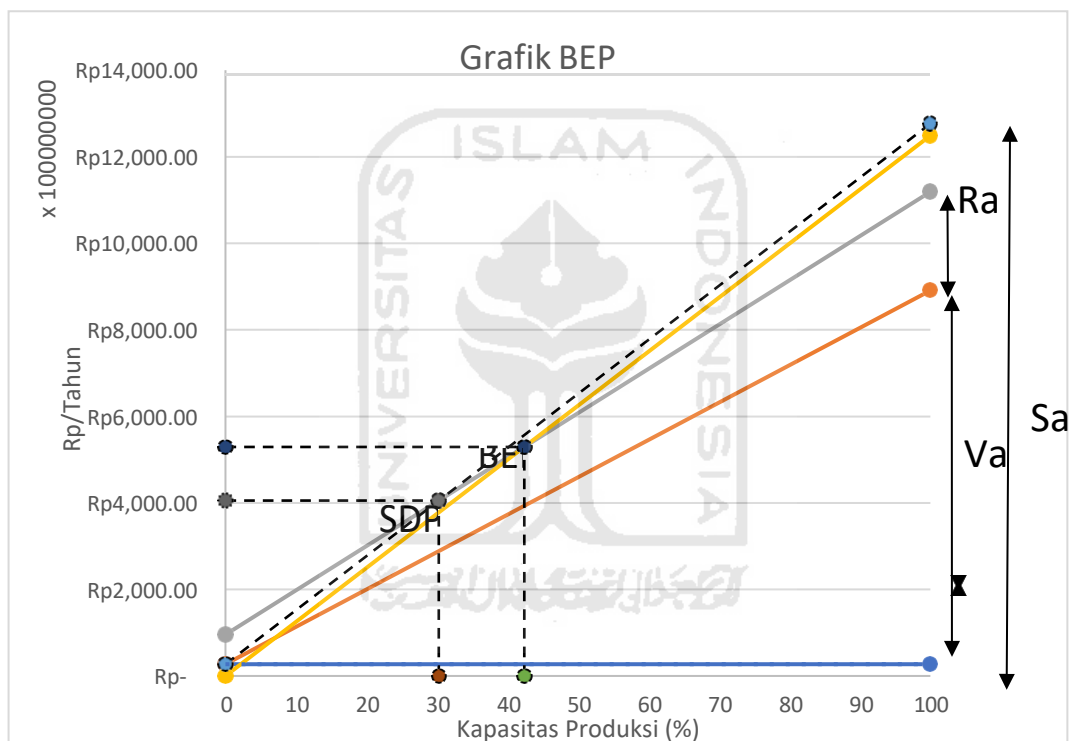
$$(FC+WC)(1+i)^N = C \sum_{n=0}^{n=N-1} (1+i)^N + WC + SV$$

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<sup>2</sup>.
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*, McGraw Hill Handbook Co., Inc., New York
- Brown, G.G., Donald Katz, Foust, A.S., and Schneidewind, R., 1978, *Unit Operation*, Modern Asia Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York
- Brownell, L.E., and Young, E.H., 1959, *Process Equipment Design*, John Wiley and Sons, Inc., New York
- Coulson, J.M., and Richardson, J.F., 1983, *Chemical Engineering*, Vol 1 \$ 6, Pergamon International Library, New York
- Frommelt, F.G., and Bischoff, B.K., 1979, *Chemical Reactor Analysis and Design*, John Wiley and Sons, Inc., New York
- Holman, J., 1981, *Heat Transfer*, McGraw Hill Book Co., Inc., New York
- Kern, D.Q., 1983, *Process Heat Transfer*, McGraw Hill Book Co., Inc., New York
- Levenspiel, O., 1972, *Chemical Reaction Engineering*, 2<sup>nd</sup> ed., John Wiley and Sons, Inc., New York
- Ludwig, E.E., 1964, *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*, Gulf Publishing, Co., Houston
- McCabe, Smith, J.C., and Harriott, 1985, *Unit Operation of Chemical Engineering*, 4<sup>th</sup> ed., McGraw Hill Book Co., Inc., New York
- Perry, R.H., and Green, D.W., 1986, *Perry's Chemical Engineer's Handbook*, 6<sup>th</sup> ed., McGraw Hill Book Co., Inc., New York
- Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D., 1990, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 3<sup>rd</sup> Ed., McGraw Hill Book Co., Inc., New York
- Peters, M.S., Klaus D. Timmerhaus and Ronald E. West., 2004, *Plant Design and Economics for Chemical Engineer*, 5<sup>th</sup> Ed., McGraw-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*, 6<sup>rd</sup> Ed., Mc.Graw-Hill Inc., Singapore.
- Turton, R., Bailie, R.C., Whiting, W.B., 2009, *Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes*, 3<sup>rd</sup> 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

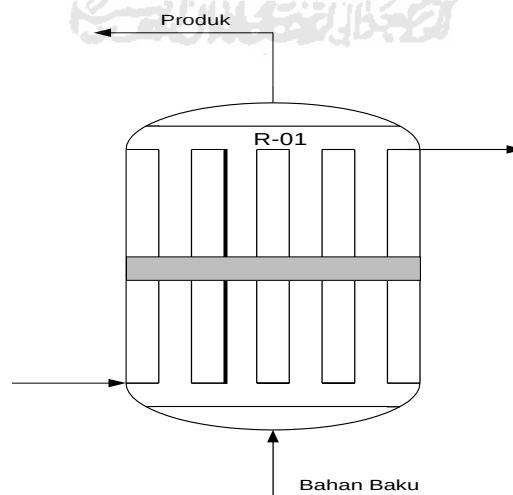
Kondisi Operasi : Suhu = 300°C

Tekanan = 3 atm

Reaksi = Eksotermis

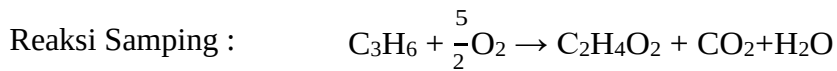
Tujuan :

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 :  $\text{C}_3\text{H}_6 + \text{O}_2 \rightarrow \text{C}_3\text{H}_4\text{O} + \text{H}_2\text{O}$



1. Menentukan jenis reaktor

Dipilih reaktor fixed bed multitube dengan pertimbangan sebagai berikut:

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

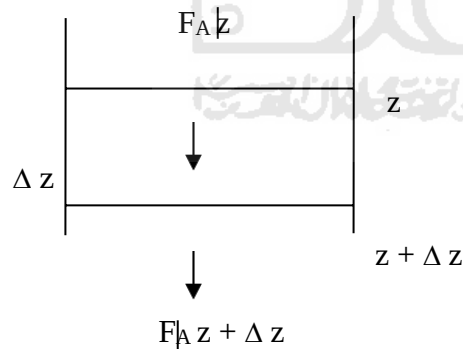
(Hill, hal 425-431)

2. Persamaan – persamaan Matematis Reaktor

- Neraca massa reaktor

Reaksi berlangsung dalam keadaan steady state dalam reaktor setebal  $\Delta Z$  dengan konversi X. Neraca massa  $\text{CH}_3\text{OH}$  pada elemen volume :

Input – Output – Yang bereaksi = 0



Input - Output - Yang Bereaksi = 0

$$F_A|_z - (F_A|_{z+\Delta z} + (-r_a) \Delta v) = 0$$

$$\Delta v = \frac{\pi D_i^2}{4} \epsilon \Delta z$$

$\Delta v$  = volume gas diantara katalis pada elemen volum

$$F_A|_Z - F_A|_{Z+\Delta Z} - (-r_A) \pi/4 D_i^2 \varepsilon \cdot \Delta Z = 0$$

$$\frac{F_A|_{Z+\Delta Z} - F_A|_Z}{\Delta Z} = (-r_A) \pi/4 D_i^2 \varepsilon$$

$$\frac{-F_A}{\Delta Z} = \frac{-r_A \cdot \pi D_i^2}{4} \varepsilon$$

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

$$\Delta F_A = -F_{Ao} \cdot \Delta X_A$$

$$F_{Ao} \cdot \frac{\Delta X_A}{\Delta Z} = \frac{-(r_A) \pi D_i^2}{4} \varepsilon$$

$$\frac{\Delta X_A}{\Delta Z} = \frac{-(r_A) \pi D_i^2}{4 F_{Ao}} \varepsilon$$

$$\lim_{\Delta Z \rightarrow 0}$$

$$\frac{dX_A}{dz} = \frac{(-r_A) \pi D_i^2 \varepsilon}{4 F_{Ao}}$$

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

$\varepsilon$  = porositas

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

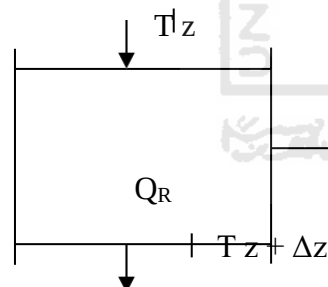
$Z$  = tebal tumpukan katalisator

$D_i$  = diameter dalam pipa

**Tabel A.1 Komposisi dengan perhitungan kapasitas stage 1**

| Input    | Massa, Kg/Jam | Output          | Massa, Kg/Jam |
|----------|---------------|-----------------|---------------|
| Propilen | 2356.2019     | Propilen        | 58.9050       |
| Propana  | 20.8520       | Propana         | 20.8520       |
| Oksigen  | 3467.2849     | Oksigen         | 836.10101     |
| Nitrogen | 13043.5957    | Nitrogen        | 13043.5957    |
| Air      | 4033.3214     | 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

$$\sum m.C_p (T_z - T_o) - [\sum m.C_p (T_{z+\Delta z} - T_o) + Q_R + Q_P]$$

$$\sum m.C_p (T_z - T_{z+\Delta z}) = Q_R + Q_P$$

$$(\sum m.C_p) (-\Delta T) = Q_R + Q_P$$

$$Q_R = \Delta H_R F_{A0} \Delta X_A$$

$$Q_P = UA (T - T_S)$$

$$A = \pi D_o \Delta Z$$

$$Q_p = U \pi D_o \Delta Z (T - T_s)$$

$$(\Sigma m.C_p) (-\Delta T) = \Delta H_R \cdot F_{ao} \cdot \Delta X_A + U \cdot \pi \cdot D_o \cdot \Delta Z (T - T_s)$$

:  $\Delta Z$

$$\frac{(\Sigma m.C_p) (-\Delta T)}{\Delta Z} = \frac{\Delta H_R \cdot F_{ao} \cdot \Delta X_A}{\Delta Z} + U \cdot \pi \cdot D_o \cdot \Delta Z (T - T_s)$$

$$\lim_{\Delta Z \rightarrow 0} \frac{(\Sigma m.C_p) (-dT)}{dZ} = \frac{\Delta H_R \cdot F_{ao} \cdot \left( \frac{dX_A}{dZ} \right) + U \cdot \pi \cdot D_o \cdot \Delta Z (T - T_s)}{(\Sigma m.C_p)}$$

Dimana:

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

$$\Delta H_R = \text{Panas Reaksi}$$

$$U = \text{Overall heat transfer coefficient}$$

$$D_o = \text{Diameter luar}$$

$$T = \text{Suhu gas}$$

$$T_s = \text{Suhu penelitian}$$

$$T_s = \text{Kapasitas panas}$$

c. Neraca panas untuk pendingin

Pendingin yang dipakai adalah Dowtherm A yang stabil pada suhu 93,3 – 540 °C

Komposisi Dowtherm A : - 73,5 % Diphenyl Oxyde  
- 26,5 % Diphenyl

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

$$C_p = 0,11152 + 9,7073 \cdot 10^{-4} T, \text{ cal/g.K}$$

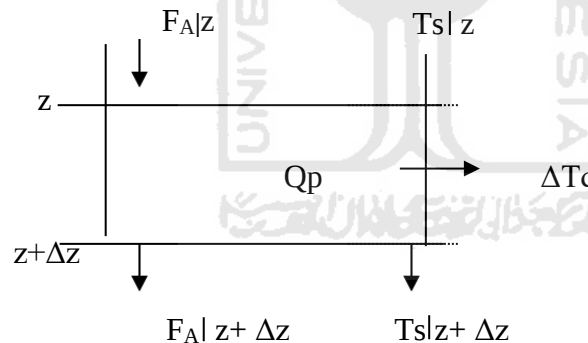
$$\rho = 1,3644 - 9,7073 \cdot 10^{-4} T, \text{ gr/cm}^3$$

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

$$k = 1.512 - 0,0010387 T, \text{ cal/J.Cm.K}$$

Aliran pendingin dalam reaktor searah dengan aliran gas

Neraca Panas pada elemen volum



$$m_p.C_{pp} (T_{s|z} - T_o) + Q_p - m_p C_{pp} (T_{s|z+\Delta z} - T_o) = 0$$

$$m_p.C_{pp} (T_{s|z} - T_{s|z+\Delta z}) = - Q_p$$

$$(T_{s|z} - T_{s|z+\Delta z}) = - \frac{U \cdot \pi \cdot D_o \cdot \Delta z \cdot (T - T_s)}{(m.C_p) p}$$

$$(T_{s|z} - T_{s|z+\Delta z}) / \Delta z = - \frac{U \cdot \pi \cdot D_o \cdot (T - T_s)}{(m.C_p) p}$$

$$-(T_s|_{z+\Delta z} - T_s|_z) / \Delta z = - \frac{U \cdot \pi \cdot D_o \cdot (T - T_s)}{(m \cdot C_p) p}$$

$$\frac{\Delta T_s}{\Delta Z} = \frac{U \cdot \pi \cdot D_o (T - T_s)}{(m \cdot C_p) p}$$

$$\lim \Delta Z \rightarrow 0$$

$$\frac{dT_s}{dZ} = \frac{U \cdot \pi \cdot D_o (T - T_s)}{(m \cdot C_p) p}$$

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”.

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

Dimana :

$G$  = Kecepatan aliran massa gas dalam pipa, gr/cm<sup>3</sup>

$\rho$  = Densitas gas, gr/cm<sup>3</sup>

$D_p$  = Densitas partikel katalisator, cm

$G$  = Gaya Gravitasi, cm/det<sup>2</sup>

$\varepsilon$  = Porosity tumpukan katalisator

$\mu$  = Viskositas gas, gr/cm jam

3. Data – data sifat fisis bahan

a. Menentukan umpan  $Y_i$  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

$$PV = nRT$$

$$n = 4274,2136 \text{ kmol/jam} = 1187,2816 \text{ mol/dtk}$$

$$R = 82,05 \text{ atm.cm}^3/\text{mol.}^\circ\text{K}$$

$$P = 4,9 \text{ atm}$$

$$V = \frac{nRT}{P} = 12,2782 \text{ cm}^3/\text{dtk}$$

- c. Menentukan densitas umpan

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

- d. Menentukan viskositas umpan

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

**Tabel A.3 Data viskositas umpan masuk reaktor stage 1**

| Formula         | A<br>(mikropoise) | B<br>(mikropoise) | C<br>(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       | $\mu_{\text{gas}}$<br>(mikropoise) | $\mu_{\text{gas}}$<br>(kg/s.m) | $\mu_{\text{gas}}$<br>(kg/jam.m) | $\mu_{\text{gas}}$<br>(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                           | 0,000028                       | 0,1016432                        | 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 | $y_i \cdot \eta_{\text{gas}}$ | $y_i \cdot \eta_{\text{gas}}$ | $y_i \cdot \eta_{\text{gas}}$ | $\eta_{\text{gas}}$ |
|----------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------|
|          | (kg/s.m)                      | (kg/jam.m)                    | lb/ft.jam                     | 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            |

$$\begin{aligned}\mu_{\text{gas}} &= 0,000026 \text{ kg/m.s} \\ &= 0,000259392 \text{ g/cm.s}\end{aligned}$$

- e. Menentukan konduktivitas gas umpan

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

**Tabel A.5 Data konduktivitas umpan masuk reaktor stage 1**

| Formula  | A<br>(W/m.K) | B<br>(W/m.K) | C<br>(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 <sub>gas</sub> | y <sub>i</sub> .k <sub>gas</sub> |
|----------|--------|------------------|----------------------------------|
|          |        | 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                       |
| H2O      | 0.2621 | 4.3783E-02       | 1.1477E-02                       |
| Total    | 1.0000 | 2.4161E-01       | 4.4292E-02                       |

$$\begin{aligned}
 k_{\text{campuran}} &= 0,04642915 \text{ W/m.K} \\
 &= 0,1594 \text{ kJ/jam.m.K} \\
 &= 0,03808387 \text{ kkal/jam.m.K} \\
 &= 0,00010579 \text{ kal/cm.dtk.K}
 \end{aligned}$$

- f. Menentukan kapasitas panas campuran gas

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

**Tabel A.7 Data kapasitas panas umpan reaktor stage 1**

| Formula  | A<br>(joule/mol.K) | B<br>(joule/mol.K) | C<br>(joule/mol.K) | D<br>(joule/mol.K) | E<br>(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       |

$$C_p \text{ campuran} = 1,3716 \text{ kJ/kg.K}$$

- g. Menentukan panas reaksi

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

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

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

**Tabel A.9 Data panas reaksi reaktor stage 1**

| Formula         | A<br>(kj/mol ) | B<br>(kj/mol ) | C<br>(kj/mol ) | D<br>(kj/mol ) | E<br>(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 | $\Delta H_f$<br>(kj/mol ) | $\Delta H_f$ (kJ/kmol ) | $\Delta H$ (J/mol ) | $\Delta H$ (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:

$$\Delta H_{R_{298}} = -300670 \text{ kJ/kmol}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{R_{\text{total}}} &= -629825,2451 \text{ kJ/kmol} \\ &= -68848,36382 \text{ kkal/kmol} \end{aligned}$$

h. Data sifat katalis (Iron Molybdenum Oxide)

Jenis :  $\text{MoO}_3$   
Ukuran D : 0,35 cm  
Density : 4,69  $\text{gr/cm}^3$   
Bulk density : 3,00544  $\text{gr/cm}^3$

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 besar.

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

|           |      |     |      |     |      |     |
|-----------|------|-----|------|-----|------|-----|
| $D_p/D_t$ | 0,05 | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,25 | 0,3 |
| $h_w/h$   | 5,5  | 7,0 | 7,8  | 7,5 | 7,0  | 6,6 |

dipilih  $D_p/D_t = 0,15$

dimana

$h_w$  = koefisien perpindahan panas dalam pipa berisi katalis

$h$  = koefisien perpindahan panas dalam pipa kosong

$D_p$  = diameter katalisator

$D_t$  = diameter tube

Sehingga :

$$D_p/D_t = 0,15$$

$$D_p = 0,35 \text{ cm}$$

$$D_t = 0,35 / 0,15 = 2,3333 \text{ cm} = 0,919 \text{ in}$$

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

Dari table 11 Kern dipilih pipa dengan spesifikasi sebagai berikut :

$$\text{Nominal pipe size} = 2 \text{ in} = 5,08 \text{ cm}$$

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<sup>2</sup>

Surface per in ft = 0,622 ft<sup>2</sup>/ft outside

= 0,542 ft<sup>2</sup>/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:

$\mu_g$  = viskositas umpan = 0,000259 g/cm.det

$D_t$  = Diameter tube = 5,2502 cm

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

Digunakan 1 buah reaktor :

$G = 6367,0155 \text{ gr/s}$

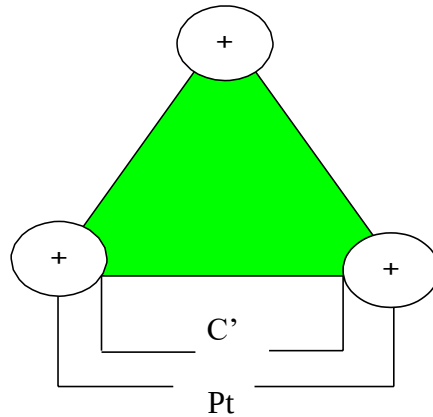
$A_t = 41571,1861 \text{ cm}^2 = 4,1571 \text{ m}^2$

Luas penampang pipa =  $21,6380 \text{ cm}^2 = 0,00216 \text{ m}^2$

Jumlah pipa dalam reaktor = 11921.2079 buah

b. Menghitung diameter dalam reaktor

Direncanakan tube disusun dengan pola triangular pitch.



$$\begin{aligned} Pt &= 1,25 \times OD_t \\ &= 1,25 \times 1,32 = 1,65 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C' &= P_T - OD \\ &= 1,65 - 1,32 = 0,33 \text{ in} \end{aligned}$$

$$ID_s = \sqrt{\frac{4 \cdot N_t \cdot P^2 \cdot 0,866}{\pi}}$$

$$ID_s = 419.8586 \text{ cm}$$

Jadi diameter dalam reaktor = 419.8586 cm = 165.2987 in

c. Menghitung tebal dinding reaktor

Tebal dinding reaktor (shell) dihitung dengan persamaan :

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

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  $t_s = 0,5330$  in

dipilih tebal dinding reaktor standar  $1 \frac{1}{8}$  in

Diameter luar reaktor =  $ID + 2 * t_s$

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

$= 232,5876$  in

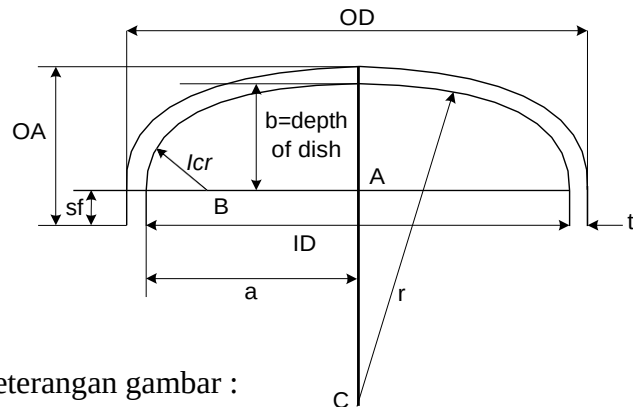
Sehingga dipilih diameter luar reaktor 240 in.

## 5. Menghitung head reaktor

### a. Menghitung tebal head reaktor

Bentuk head : Elliptical Dished Head

Bahan yang digunakan: Carbon Steel SA 283 Grade C



Keterangan gambar :

ID = diameter dalam head

OD = diameter luarhead

a = jari-jari dalam head

t = tebal head

r = jari-jari luardish

icr = jari-jari dalam sudut icr

b = tinggi head

sf = straight flange

OA = tinggi total head

Tebal head dihitung berdasarkan persamaan :

$$t_h = \frac{P.IDs}{2.f.E - 0.2.P} + C \quad (\text{Brownell, 1979})$$

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  $t_h = 1,125$  in

dipilih tebal head reaktor standar  $1 \frac{1}{8}$  in

b. Menghitung tinggi head reaktor

ODs = 240 in

$t_s = 1,125$  in

didapat :  $i_{rc} = 14,4375$  in

$r = 180$  in

$a = ID_s/2 = 82,6493$  in

$AB = a - i_{rc} = 68,2118$  in

$BC = r - i_{rc} = 165,5625$  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  $t_h = 1$  in didapat  $sf = 1,5 - 4,5$  in

perancangan digunakan  $sf = 4,5$  in

Tinggi head reaktor dapat dihitung dengan persamaan :

$h_H = t_h + b + sf$

$= 0,8831$

Menghitung tinggi reaktor

Tinggi reaktor total = panjang tube + tinggi head top

HR = 255,2397 in

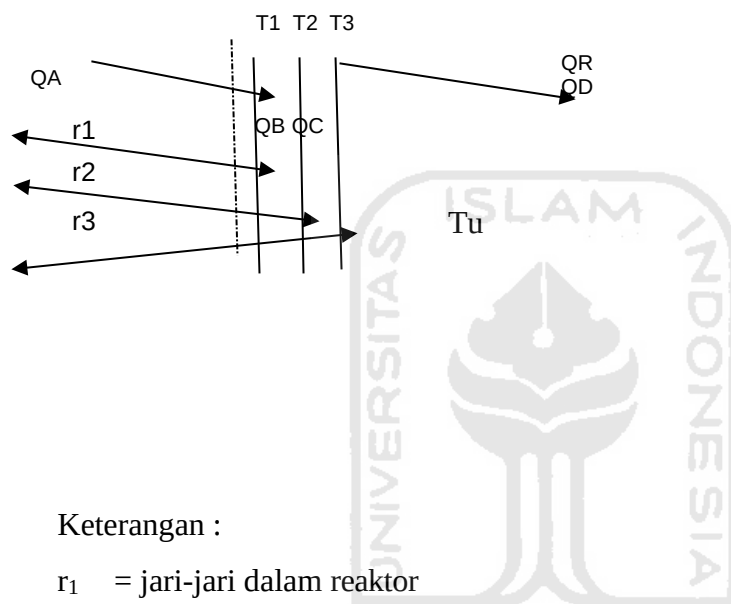
= 21,2700 in

= 6,4831 m

6. Tebal isolasi reaktor

Asumsi :

- Suhu dalam reaktor = suhu permukaan dinding dalam shell = suhu pendingin rata-rata
- Keadaan steady state  $Q_A = Q_B = Q_C = (Q_D + Q_R)$
- Suhu dinding luar isolasi isothermal



Keterangan :

$r_1$  = jari-jari dalam reaktor

$r_2$  = jari-jari luar reaktor

$r_3$  = jari-jari isolator luar

$Q_A$  = Perp. Konveksi dari gas ke dinding dalam reaktor

$Q_B$  = Perp. Konduksi melalui dinding reaktor

$Q_C$  = Perp. Konduksi melalui isolator

$Q_D$  = Perp. konveksi dari permukaan luar isolator

$Q_R$  = Perp. Panas radiasi

$T_1$  = Suhu dinding dalam reaktor

$T_2$  = Suhu dinding luar reaktor

$T_3$  = Suhu isolator luar

$T_u$  = Suhu udara luar

- sifat-sifat fisis bahan

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

\*

$$K_{is} = 0,17134 \text{ W/m.}^{\circ}\text{C}$$

$$\varepsilon = 0,96$$

$$* \text{ carbon steel : } k_s = 40,7027 \text{ W/m.}^{\circ}\text{C}$$

$$* \text{ sifat-sifat fisis udara pada suhu } T_f \text{ (Holman,1988. Daftar A-5)}$$

$$T_f = 313$$

$$\nu = 0,000017$$

$$k = 0,027225 \text{ W/m.}^{\circ}\text{C}$$

$$Pr = 0,70489$$

$$\beta = 0,0032 \text{ K}^{-1}$$

$$\mu = 0,00001906 \text{ kg/m.s}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$r_3 = r_2 + x$$

$$r_1 = 2,9253 \text{ m}$$

$$r_2 = 3,048 \text{ m}$$

$$L = 3,6 \text{ m}$$

a. Perpindahan panas konduksi

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

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

b. Perpindahan panas konveksi

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

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

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

$$hc = 1,31.(\Delta T)^{\frac{1}{3}} \frac{g.\beta.(T - T_u).L^3}{\nu^2}$$

c. Panas radiasi

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

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

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

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

$$T_2 = 620,514\text{K}$$

$$\text{Tebal isolasi (x)} = 23,9763 \text{ cm}$$

**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 |
|------|---------|----------|----------|

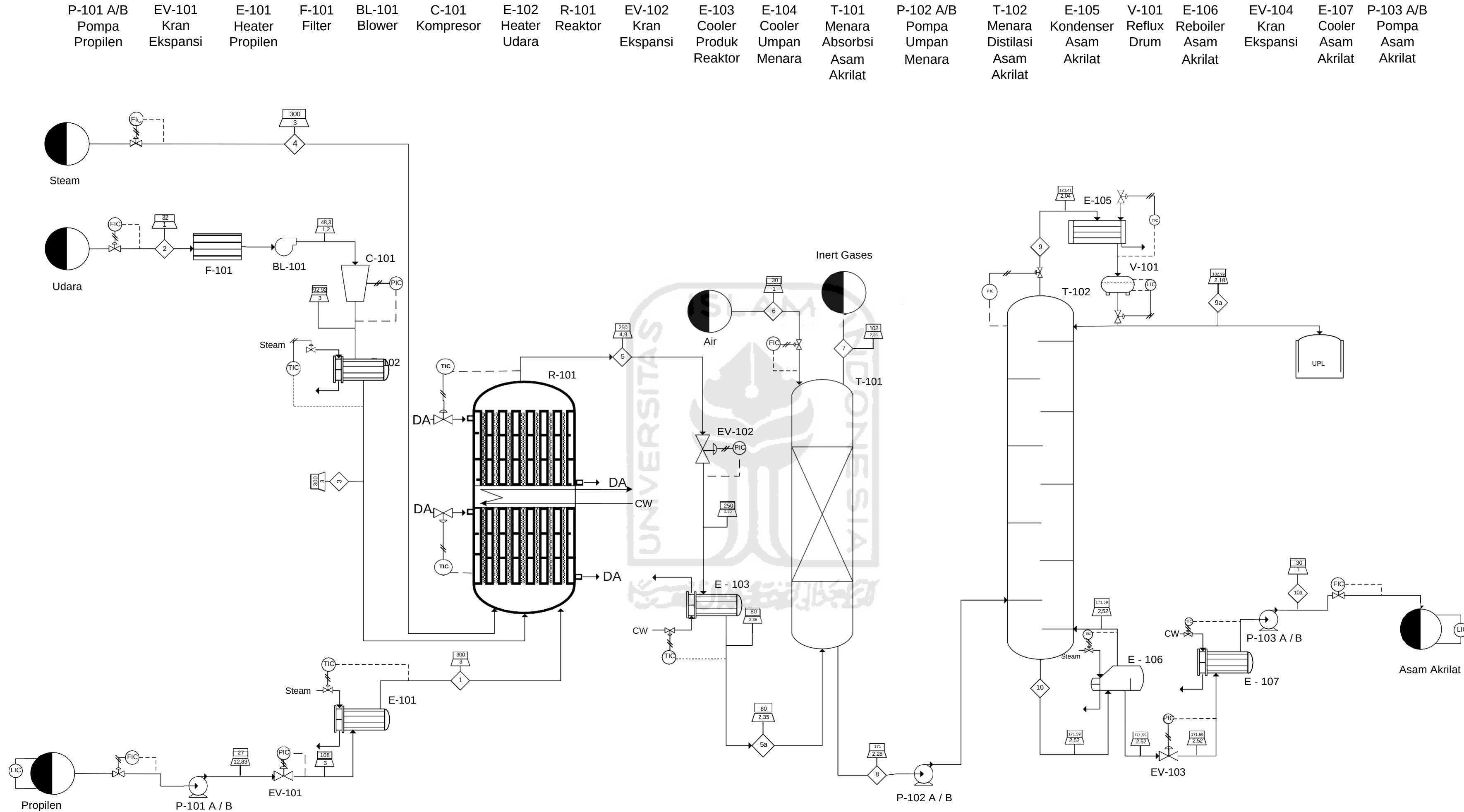
**Lanjutan Tabel A.11 Perhitungan hasil simulasi panjang reaktor  
menggunakan metode euler stage 1**

|      |         |          |          |
|------|---------|----------|----------|
| 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



| 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             |
|--------|------------------------|
|        | Level Controller       |
|        | Pressure Controller    |
|        | Temperature Controller |
|        | Nomor Arus             |
|        | Suhu, C                |
|        | Tekanan, atm           |
|        | Control Valve          |
|        | Electric Connection    |
|        | Piping                 |
|        | Pneumatic              |
|        | Vent                   |

|                                                                                                               |                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                               | JURUSAN TEKNIK KIMIA<br>FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI<br>UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA<br>YOGYAKARTA |
| PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM<br>PABRIK ASAM AKRILAT DARI PROPILEN DAN UDARA<br>KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN |                                                                                                  |
| Dikerjakan oleh:<br>1. Tiara Habiba Jiddah 16521129<br>2. Meltipul Ade Reforwasih 16521178                    |                                                                                                  |
| Dosen pembimbing:<br>1. Arif Hidayat, Dr., S.T., M.T.<br>2. Ajeng Yulianti D. L., S.T., M.T.                  |                                                                                                  |