

No : TA/TK/2022/

**PRARANCANGAN PABRIK ASAM AKRILAT DARI  
GLISEROL KAPASITAS 120.000 TON/TAHUN**

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



Oleh :

Nama : Dzaki Silverta Liadi

Nama : Nasha Salvadila

NIM : 18521158

NIM : 18521199

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

**YOGYAKARTA**

**2022**

# LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL PRARANCANGAN PABRIK ASAM AKRILAT DARI GLISEROL KAPASITAS 120.000 TON/TAHUN

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL PRARANCANGAN PABRIK ASAM AKRILAT DARI GLISEROL DENGAN KAPASITAS 120.000 TON/TAHUN

Kami yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Dzaki Silverta Liadi      Nama : Nasha Salvadila  
No. Mhs : 18521158      No. Mhs : 18521199

Yogyakarta, 19 September 2022

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

Td. Tangan



Dzaki Silverta Liadi

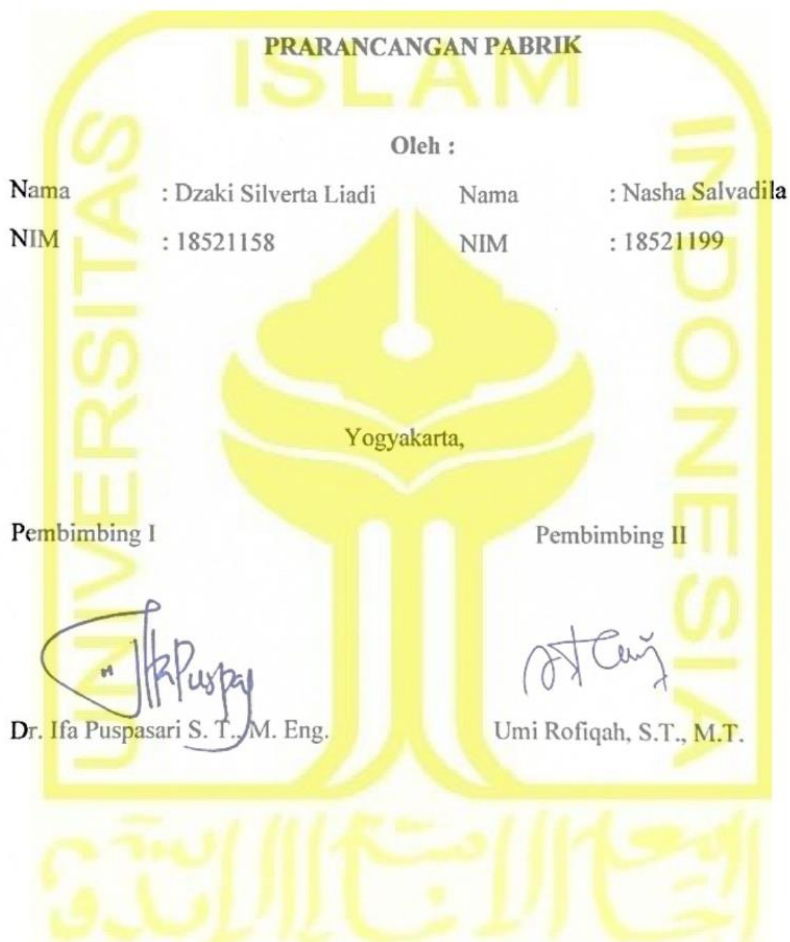
Td. Tangan



Nasha Salvadila

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING  
PRARANCANGAN PABRIK ASAM AKRILAT DARI  
GLISEROL KAPASITAS 120.000 TON/TAHUN**

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING  
PRARANCANGAN PABRIK ASAM AKRILAT DARI  
GLISEROL KAPASITAS 120.000 TON/TAHUN**



# LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

## PRARANCANGAN PABRIK ASAM AKRILAT DARI GLISEROL KAPASITAS 120.000 TON/TAHUN

### PRARANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Dzaki Silverta Liadi

NIM : 18521158

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

Yogyakarta, 20 September 2022

Tim Penguji,

Ketua

  
Dr. Ifa Puspasari S. T., M. Eng

Anggota I

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

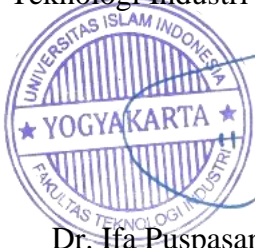

Anggota II

  
Nur Indah Fajar Mukti S. T., M. Eng

Mengetahui :

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

  
  
Dr. Ifa Puspasari S. T., M. Eng

# LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

## PRARANCANGAN PABRIK ASAM AKRILAT DARI GLISEROL KAPASITAS 120.000 TON/TAHUN

### PRARANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Nasha Salvadila

NIM : 18521199

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

Yogyakarta, 20 September 2022

Tim Penguji,

Ketua

  
Dr. Ifa Puspasari S. T., M. Eng

Anggota I

  
Dr. 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. Ifa Puspasari S. T., M. Eng

## KATA PENGANTAR



*Assalamu'alaikum Wr., Wb*

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan Karunia-Nya, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat dan salam semoga selalu tercurahkan atas junjungan kita Nabi Muhammad SAW, sahabat serta pengikutnya.

Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik yang berjudul **“PRARANCANGAN PABRIK ASAM AKRILAT DARI GLISEROL KAPASITAS 120.000 TON/TAHUN”**, disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah diperoleh selama dibangku kuliah, dan merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan lancar atas bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan Hidayah dan Inayahnya.
2. Ayahanda dan Ibunda yang tercinta. Kami sangat bangga menjadi anak ayah dan ibu yang menjadikan kami selalu ingin menjadi yang terbaik untuk keluarga. Terima kasih atas segala dorongan semangat dan motivasi terlebih anggaran selama mengenyam pendidikan S1 Teknik Kimia di UII.



3. Ibu Dr. Ifa Puspasari S. T., M. Eng, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Dr. Ifa Puspasari S. T., M. Eng. selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Umi Rofiqah, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan, bimbingan dalam penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh civitas akademika di lingkungan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
6. Teman – teman Teknik Kimia 2018 yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan doa.
7. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu yang telah membantu penyusunan Tugas Akhir ini.

Kami menyadari bahwa didalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran untuk menyempurnakan laporan ini. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak, Amin.

*Wassamu'alaikum Wr., Wb.*

Yogyakarta, 19 September 2022

Penyusun

# DAFTAR ISI

|                                                      |      |
|------------------------------------------------------|------|
| <b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL</b> .....        | ii   |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING</b> .....            | iii  |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI</b> .....               | iv   |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI</b> .....               | v    |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....                          | vi   |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                              | viii |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                            | x    |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                           | xii  |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....                         | xiii |
| <b>DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN</b> .....         | xiv  |
| <b>ABSTRAK</b> .....                                 | xvi  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....                       | 1    |
| <b>1.1 Latar Belakang</b> .....                      | 1    |
| <b>1.2 Kapasitas Perancangan</b> .....               | 2    |
| <b>1.3 Tinjauan Pustaka</b> .....                    | 3    |
| <b>1.3.1 Pemilihan Proses</b> .....                  | 4    |
| <b>1.4 Tinjauan Kinetika dan Termodinamika</b> ..... | 10   |
| <b>1.4.1 Tinjauan Kinetika</b> .....                 | 11   |
| <b>1.4.2 Tinjauan Termodinamika</b> .....            | 13   |
| <b>BAB II PERANCANGAN PRODUK</b> .....               | 19   |
| <b>2.1 Spesifikasi Produk</b> .....                  | 19   |
| <b>2.2 Pengendalian Kualitas</b> .....               | 21   |
| <b>2.2.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku</b> .....  | 21   |
| <b>2.2.2 Pengendalian Proses</b> .....               | 21   |
| <b>2.2.3 Pengendalian Kualitas Produk</b> .....      | 22   |
| <b>BAB III PERANCANGAN PROSES</b> .....              | 23   |
| <b>3.1 Diagram Alir Proses dan Material</b> .....    | 23   |
| <b>3.1.1 Diagram Alir Kualitatif</b> .....           | 23   |
| <b>3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif</b> .....          | 24   |
| <b>3.2 Uraian Proses</b> .....                       | 25   |



|                       |                                           |            |
|-----------------------|-------------------------------------------|------------|
| 3.2.1                 | Tahap Persiapan Bahan Baku.....           | 25         |
| 3.2.2                 | Tahap Reaksi .....                        | 25         |
| 3.2.3                 | Tahap Pemurnian Hasil.....                | 26         |
| 3.3                   | Spesifikasi Alat .....                    | 27         |
| 3.3.1                 | Spesifikasi Reaktor 1.....                | 27         |
| 3.3.2                 | Spesifikasi Reaktor 2.....                | 28         |
| 3.3.3                 | Spesifikasi Alat Pemisah .....            | 29         |
| 3.3.4                 | Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan.....   | 31         |
| 3.3.5                 | Spesifikasi Alat Transportasi Bahan ..... | 33         |
| 3.3.6                 | Spesifikasi Alat Penukar Panas.....       | 41         |
| 3.4                   | Neraca Massa.....                         | 47         |
| 3.5                   | Neraca Panas.....                         | 50         |
| <b>BAB IV</b>         | <b>PERANCANGAN PABRIK .....</b>           | <b>57</b>  |
| 4.1                   | Lokasi Pabrik.....                        | 57         |
| 4.1.1                 | Faktor Primer .....                       | 58         |
| 4.1.2                 | Faktor Sekunder.....                      | 60         |
| 4.2                   | Tata Letak Pabrik .....                   | 61         |
| 4.2                   | Tata Letak Alat Proses.....               | 65         |
| 4.3                   | Organisasi Perusahaan .....               | 67         |
| 4.2.1                 | Bentuk Perusahaan .....                   | 67         |
| <b>BAB V</b>          | <b>UTILITAS .....</b>                     | <b>85</b>  |
| <b>BAB VI</b>         | <b>EVALUASI EKONOMI .....</b>             | <b>125</b> |
| <b>BAB VI</b>         | <b>KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>          | <b>144</b> |
| 6.1                   | Kesimpulan .....                          | 144        |
| 6.2                   | Saran.....                                | 146        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> | <b>.....</b>                              | <b>147</b> |
| <b>LAMPIRAN B</b>     | <b>.....</b>                              | <b>189</b> |
| <b>LAMPIRAN C</b>     | <b>.....</b>                              | <b>190</b> |

## DAFTAR TABEL

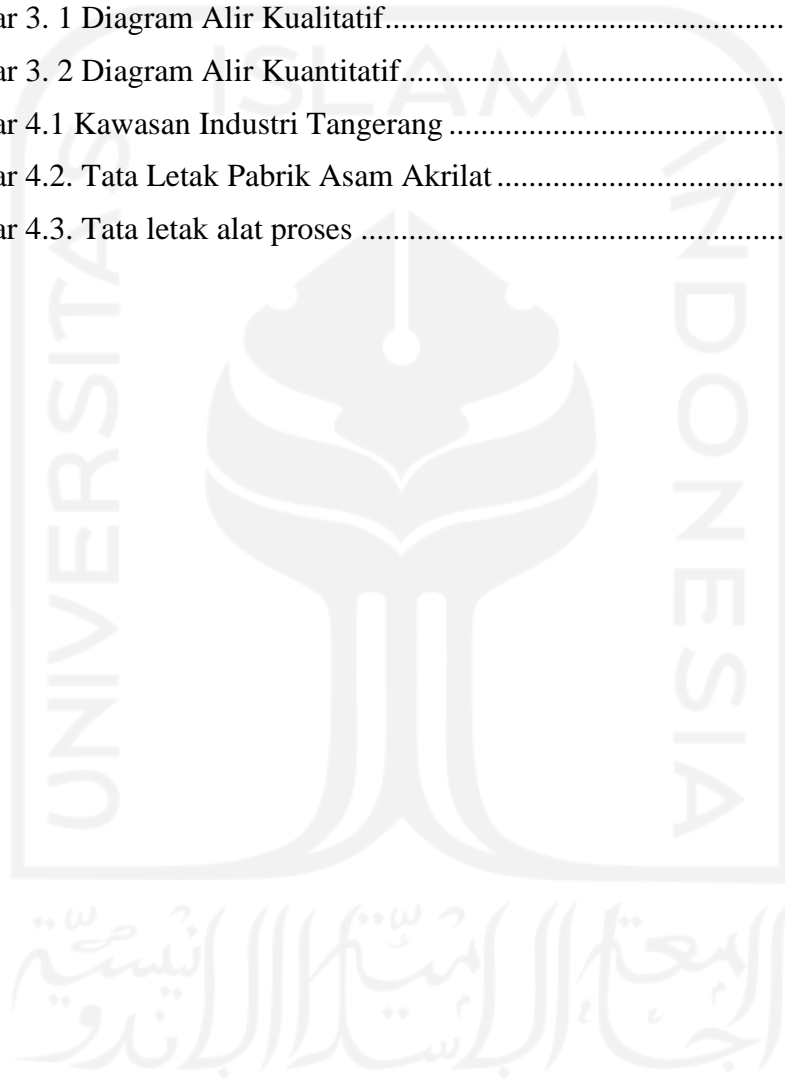
|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 1.1. Nama Perusahaan Asam Akrilat di Dunia .....                                         | 4  |
| Tabel 1.2. Perbandingan Proses Pembuatan Asam Akrilat.....                                     | 8  |
| Tabel 1.3 Profit Kotor Proses <i>Catalytic Oxidation</i> .....                                 | 9  |
| Tabel 1.4 Profit Kotor Proses <i>Acrylonitril Route</i> .....                                  | 9  |
| Tabel 1.5 Profit Kotor Proses <i>Dehydration-Oxidation</i> .....                               | 10 |
| Tabel 1.6 Perbandingan Profit kotor tiap proses .....                                          | 10 |
| Tabel 1.7 Data $\Delta H^{\circ}f$ dan $\Delta G^{\circ}$ masing-masing komponen reaksi I..... | 13 |
| Tabel 1.8. Data kapasitas panas masing masing komponen reaksi I .....                          | 14 |
| Tabel 1.9. Data harga $\Delta H^{\circ}f$ dan $\Delta G^{\circ}$ pada reaksi II .....          | 16 |
| Tabel 1.10 Data kapasitas panas masing masing komponen reaksi II .....                         | 17 |
| Tabel 2 1 Spesifikasi Bahan Baku .....                                                         | 19 |
| Tabel 2 2 Spesifikasi Produk dan Katalis .....                                                 | 20 |
| Tabel 3.1. Spesifikasi Reaktor (R-01).....                                                     | 27 |
| Tabel 3.2. Spesifikasi Reaktor (R-02).....                                                     | 28 |
| Tabel 3.3. Spesifikasi Separator (SP-01 dan SP-02).....                                        | 29 |
| Tabel 3.4. Spesifikasi Menara Distilasi (MD-01) .....                                          | 30 |
| Tabel 3.5. Spesifikasi Filter (FL-01).....                                                     | 31 |
| Tabel 3.6. Spesifikasi Tangki Penyimpanan .....                                                | 31 |
| Tabel 3.7. Spesifikasi Tangki Penyimpanan .....                                                | 32 |
| Tabel 3.8. Spesifikasi Pompa .....                                                             | 33 |
| Tabel 3.9. Spesifikasi Kompresor.....                                                          | 35 |
| Tabel 3.10. Spesifikasi Expansion Valve.....                                                   | 37 |
| Tabel 3 11 Spesifikasi Blower .....                                                            | 39 |
| Tabel 3.12 Spesifikasi Furnace .....                                                           | 41 |
| Tabel 3 13 Spesifikasi Heater .....                                                            | 42 |
| Tabel 3 14 Spesifikasi Cooler .....                                                            | 43 |
| Tabel 3.15 Spesifikasi Kondensor.....                                                          | 44 |
| Tabel 3 16 Spesifikasi Reboiler .....                                                          | 46 |
| Tabel 3 17 Neraca Massa Furnace (F-01) .....                                                   | 47 |
| Tabel 3 18 Neraca Massa Reaktor (R-01).....                                                    | 47 |
| Tabel 3.19. Neraca Massa Separator (SP-01) .....                                               | 48 |

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| Tabel 3.20. Neraca Massa Furnace (F-02) .....           | 48 |
| Tabel 3.21. Neraca Massa Reaktor (R-02) .....           | 49 |
| Tabel 3.22. Neraca Massa Separator (SP-02) .....        | 49 |
| Tabel 3.23. Neraca Massa Menara Distilasi (MD-01) ..... | 50 |
| Tabel 3.24. Neraca Panas Furnace (F-01) .....           | 50 |
| Tabel 3.25. Neraca Panas Reaktor (R-01) .....           | 51 |
| Tabel 3.26. Neraca Panas Separator (SP-01) .....        | 51 |
| Tabel 3.27. Neraca Panas Furnace (F-02) .....           | 51 |
| Tabel 3 28 Neraca Panas Reaktor (R-02) .....            | 52 |
| Tabel 3 29 Neraca Panas Separator (SP-02) .....         | 52 |
| Tabel 3 30 Neraca Panas Menara Distilasi (MD-01) .....  | 52 |
| Tabel 3.31. Neraca Panas Kondensor .....                | 53 |
| Tabel 3.32. Neraca Panas Reboiler .....                 | 53 |
| Tabel 3.33. Neraca Panas Heater (H-02) .....            | 53 |
| Tabel 3.34. Neraca Panas Heater (H-03) .....            | 54 |
| Tabel 3.35. Neraca Panas Kondensor (CD-02) .....        | 54 |
| Tabel 3.36. Neraca Panas Kondensor (CD-03) .....        | 54 |
| Tabel 3.37. Neraca Panas Cooler (CL-03) .....           | 55 |
| Tabel 3.38. Neraca Panas Cooler (CL-04) .....           | 55 |
| Tabel 3.39. Neraca Panas Cooler (CL-05) .....           | 55 |
| Tabel 3.40. Neraca Panas Cooler (CL-06) .....           | 56 |

الجمهورية العربية السورية  
الجامعة العربية السورية  
الكلية الهندسية  
الهندسة الكيميائية

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 1.1 Grafik Impor Asam Akrilat di Indonesia .....                | 3  |
| Gambar 1.2. Grafik Eskpor Asam Akrilat di Indonesia .....              | 1  |
| Gambar 1.2. Tahapan proses oksidasi akrolein menjadi asam akrilat..... | 12 |
| Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif.....                               | 23 |
| Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif.....                              | 24 |
| Gambar 4.1 Kawasan Industri Tangerang .....                            | 57 |
| Gambar 4.2. Tata Letak Pabrik Asam Akrilat .....                       | 64 |
| Gambar 4.3. Tata letak alat proses .....                               | 67 |



## DAFTAR LAMPIRAN

|                  |     |
|------------------|-----|
| LAMPIRAN A ..... | 134 |
| LAMPIRAN B ..... | 158 |
| LAMPIRAN C ..... | 190 |



## DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN

|               |                                         |
|---------------|-----------------------------------------|
| T             | : Temperature, °C                       |
| D             | : Diameter, m                           |
| $\mu$         | : Viskositas, cP                        |
| $\rho$        | : Densitas, kg/m <sup>3</sup>           |
| A             | : Luas bidang penampang, m <sup>2</sup> |
| LMTD          | : Long mean temperature different, °K   |
| OD            | : Diameter luar tabung, m               |
| ID            | : Diameter dalam tabung, m              |
| BWG           | : Birmingham wire gauge                 |
| $\varepsilon$ | : Effisiensi                            |
| Ro            | : Radius luar, in                       |
| ts            | : Ketebalan dinding, in                 |
| OA            | : Tinggi head, m                        |
| icr           | : Jari-jari kelengkungan dalam, m       |
| r             | : Jari-jari kelengkungan, m             |
| b             | : kedalaman, m                          |
| sf            | : straight flange, m                    |
| Ht            | : Tinggi reaktor, m                     |
| B             | : Lebar baffle, m                       |
| Di            | : Diameter pengaduk, m                  |
| Dt            | : Diameter reaktor, m                   |
| W             | : Lebar sudu, m                         |
| z             | : elevasi pengaduk, m                   |
| s             | : Panjang blade dari pusat bantalan, m  |
| $\rho_l$      | : Rapat massa fluida, kg/m <sup>3</sup> |
| Np            | : Bilangan daya                         |

- N : Kecepatan putar, 1/s  
P : Daya penggerak, watt  
Qpp : Panas yang diserap media pendingin, kJ/jam  
mair : Kecepatan massa air, kg/jam  
Qt : Beban panas total, kJ/jam  
qf : Kecepatan volume fluida, m<sup>3</sup>/s





## ABSTRAK

Pembangunan sektor industri di Indonesia sedang mengalami peningkatan, salah satunya pada sub sektor industri kimia. Asam akrilat adalah senyawa organik dengan rumus molekul  $\text{CH}_2\text{CHCOOH}$ , merupakan senyawa dengan gugus asam karboksilat. Asam akrilat merupakan bahan kimia yang penting karena merupakan bahan *intermediate* dari banyak senyawa kimia lainnya. Asam akrilat digunakan sebagai bahan baku pembuatan produk berbasis reaksi polimerisasi, antara lain dalam industri pelapis, perekat, pemoles, tekstil, bahan aditif plastik, dan produk kebersihan sekali pakai seperti popok dan pembalut. Asam akrilat diproduksi dengan proses *dehydration-oxidation* yaitu proses pertama adalah reaksi dehidrasi gliserol menjadi akrolein dan proses kedua adalah reaksi oksidasi akrolein menjadi asam akrilat. Kedua reaksi berjalan pada fasa gas. Lokasi pabrik asam akrilat dari gliserol direncanakan didirikan di Kawasan Industri Tangerang, Banten dengan luas lahan  $30.500 \text{ m}^2$ . Dalam pengoperasiannya pabrik ini memerlukan energi listrik sebanyak 134 kW, 6.314 ton/tahun air, serta  $47 \text{ m}^3/\text{jam}$  udara instrument. Pendirian pabrik asam akrilat dengan kapasitas 120.000 ton produk per tahun ini memerlukan modal tetap Rp 584.143.358.352 dan modal kerja sebesar Rp. 396.806.492.819, dengan keuntungan pertahun sebesar Rp.248.813.089.232, sehingga diperoleh nilai BEP sebesar 49,22%, SDP sebesar 33,72 %, ROI sebelum pajak 42,59% dan setelah pajak 34,08%, POT sebelum pajak sebesar 2 tahun dan setelah pajak 2,27 tahun, serta DCFRR sebesar 28,52%. Berdasarkan analisis parameter ekonomi tersebut dapat disimpulkan bahwa investasi pada pabrik ini merupakan investasi yang menarik.

Kata Kunci: Akrolein, Asam Akrilat, Gliserol

## ABSTRACT

*The development of the industrial sector in Indonesia is experiencing an increase, one of which is in the chemical industry sub-sector. Acrylic acid is an organic compound with the molecular formula  $\text{CH}_2\text{CHCOOH}$ , is a compound with a carboxylic acid group. Acrylic acid is an important chemical because it is an ingredient among many other chemical compounds. Acrylic acid is used as a raw material for the manufacture of polymerization-based reaction products, including in the coatings, adhesives, polishes, textile, plastic additives, and disposable hygiene products such as diapers and sanitary napkins. Acrylic acid is produced through two main processes, the first process is the dehydration reaction of glycerol to acrolein which acts as a temporary product. The second process is the main reaction, which is the oxidation reaction of acrolein to acrylic acid. Both reactions occur in the gas phase. The plant is planned to be established in the Tangerang Industrial, Banten with a land area of 30,500 m<sup>2</sup>. In operation, this plant requires 134 kW of electrical energy, 6.314 MTPY of water, and 47 m<sup>3</sup>/hour of instrument air. To set up this factory with capacity 120.000 tonnes products, a fixed capital of Rp. 584.143.358.352 and working capital of Rp. 396.806.492.819 is required with an annual profit of Rp. 248.813.089.232, from there it can be obtained that the BEP value is 49,22%, SDP is 33,72 %, ROI before tax is 42,59% and ROI after tax is 34,08%, POT before tax is 2 year and POT after tax 2.22 years, and DCFRR of 28,52%. According to the economical parameters analysis, this plant is economically attractive and feasible to be studied further.*

*Keywords : Acrolein, Acrylic Acid, Glycerol.*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Asam akrilat adalah salah satu senyawa kimia yang banyak digunakan di industri baik sebagai bahan baku maupun sebagai bahan *intermediate*. Asam akrilat mempunyai kegunaan di industri yaitu antara lain untuk pembuatan ester akrilik, polimer, resin yang di polimerisasi menjadi bahan perekat, pelapis, polis. Selain itu, pembuatan plastik adalah salah satu pemanfaatan asam akrilat. Kemudian dalam pengolahan limbah asam akrilat sebagai flokulannya, sebagai surfaktan, resin, cat, pengkilap lantai (*floor polisher*), pada minyak sebagai bahan aditif, digunakan juga pada industri kosmetik serta industri tekstil, dan pembuatan karet sintesis dari turunan yang berupa asam akrilat monomer (Tao Wu, et al., 2020).

Selain itu turunan dari asam akrilat digunakan sebagai bahan baku produk *Super Absorbent Polymer* (SAP) seperti diapers (popok sekali pakai). Di mana saat ini sudah di produksi di empat wilayah yaitu Jepang, Amerika, Eropa dan China. Permintaan global untuk asam akrilat diperkirakan meningkat 3,5-4% per tahun selama 2020-2025 (IHSMarkit., 2020).

Pabrik asam akrilat yang telah berdiri di Indonesia saat ini hanya PT Nippon Shokubai di Cilegon dengan kapasitas 140.000 ton/tahun.

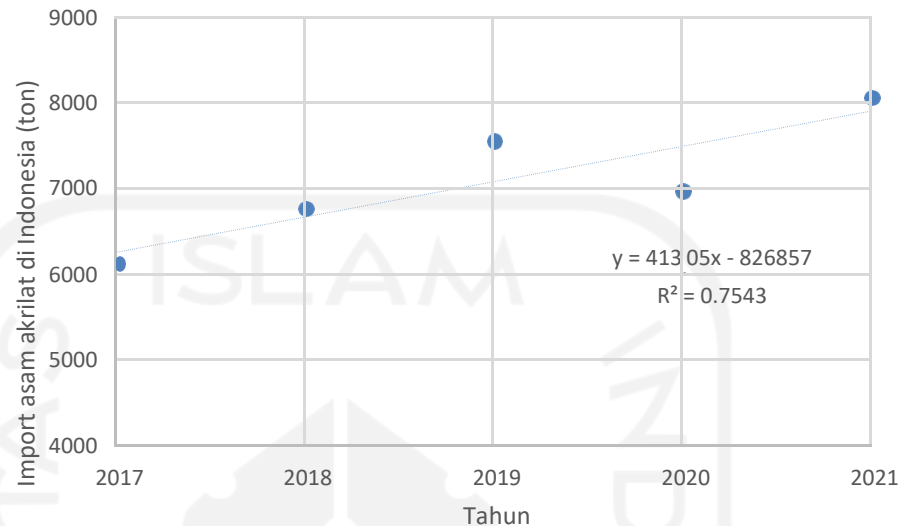
Namun sebagian besar produksinya masih di ekspor ke luar negeri sehingga kebutuhan di dalam negeri belum cukup terpenuhi. Kebutuhan asam akrilat di Indonesia sebagian masih impor dari negara China, Jepang, dan Korea Selatan. Oleh karena itu, terdapat peluang mendirikan pabrik asam akrilat di Indonesia untuk mengurangi impor asam akrilat.

Asam akrilat telah diproduksi secara komersial sejak tahun 1847 melalui oksidasi akrolein dengan udara. Pada mulanya, akrolein dibuat dengan mengoksidasi propilen. Sampai saat ini, bahan baku propilen masih menjadi komoditas utama dalam pembuatan asam akrilat di dunia (Kirk-Othmer, 1979). Namun karena ketersediaan propilen sebagai bahan baku yang tidak terbarukan, maka dilakukan pergantian bahan baku menjadi bahan baku yang lebih terbarukan dan ramah lingkungan serta harga komoditas yang lebih murah, salah satunya menggunakan bahan baku gliserol (US.Patent 9,371,261 B2).

## **1.2 Kapasitas Perancangan**

Adapun faktor dalam penentuan kapasitas antara lain adalah ketersediaan bahan baku, kebutuhan produk, kapasitas produk dari pabrik yang sudah beroperasi. Kapasitas pabrik yang ditentukan akan mempengaruhi nilai ekonomis dan teknis dalam perancangan pabrik. Nilai keuntungan dapat dilihat dari berapa besar kapasitas produksinya. Berdasarkan data impor asam akrilat di Indonesia mengalami peningkatan dari tahun 2017 – 2021 (Badan Pusat Statistik, 2021).

dimana yang tersaji dalam bentuk grafik seperti Gambar 1.1



Gambar 1.1 Grafik Impor Asam Akrilat di Indonesia

Berdasarkan Gambar 1.1 didapatkan persamaan regresi linear  $y = 413,05x - 826.857$  dan nilai  $R^2$  sebesar 0,7543 maka apabila data impor asam akrilat diproyeksikan ke tahun 2027 didapatkan hasil sebagai berikut :

$$\begin{aligned}y &= 413,03x - 826.854 \\&= 413,03(2027) - 826.854 \\&= 837.211,1 - 826.854 \\&= 10.358 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

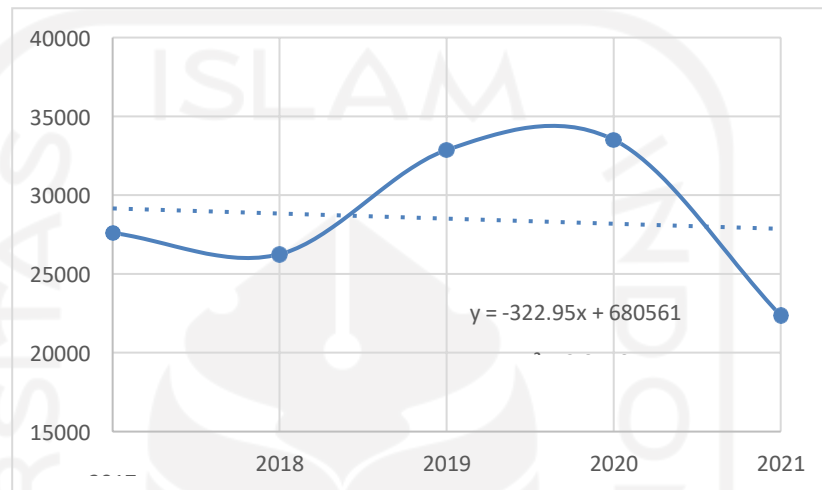
Selain melakukan analisa dari data impor asam akrilat di Indonesia, dalam menentukan kapasitas pabrik kita juga perlu memiliki data pabrik asam akrilat yang komersil atau sudah berdiri baik di Indonesia maupun di negara lain. Berikut merupakan data pabrik asam akrilat beserta kapasitas pabrik yang sudah berdiri :

Tabel 1.1. Nama Perusahaan Asam Akrilat di Dunia

| <b>Nama Perusahaan</b>        | <b>Lokasi</b>          | <b>Kapasitas (Ton/Tahun)</b> |
|-------------------------------|------------------------|------------------------------|
| BASF Petronas                 | Kuantan, Malaysia      | 160.000                      |
| BASF - YPC                    | Nanjing, China         | 160.000                      |
| Beijing Eastern Petrochemical | Beijing, China         | 80.000                       |
| Formosa Plastics              | Kaohsiung, Taiwan      | 60.000                       |
|                               | Mailino, Taiwan        | 100.000                      |
|                               | Ningho, China          | 160.000                      |
| Nippon Shobukai Indonesia     | Cilegon, Indonesia     | 140.000                      |
| Idemitsu Petrochemical        | Aichi, Japan           | 50.000                       |
| Jiangsu Jurong Chemical       | Yangcheng, China       | 205.000                      |
| Jilin Petrochemical           | Jilin, China           | 35.000                       |
| LG Chem                       | Naju, South Korea      | 65.000                       |
|                               | Yeochun, South Korea   | 128.000                      |
| Mitsubishi Chemical           | Yokkaichi, Japan       | 110.000                      |
| Nippon Shokubai               | Himeji, Japan          | 360.000                      |
| Oita Chemical                 | Oita, Japan            | 60.000                       |
| Shanghai Huayi                | Shanghai, China        | 200.000                      |
| Singapore Acrylics            | Pulau Sakra, Singapore | 75.000                       |
| Nippon Shobukai Indonesia     | Cilegon, Indonesia     | 140.000                      |
| Others China                  | Various, China         | 280.000                      |

(sumber : Technon Orbichem, 2010)

Berdasarkan data ekspor asam akrilat di Indonesia dikutip dari (Badan Pusat Statistik,2021) mengalami peningkatan dari tahun 2017 – 2021 dimana sudah tersaji dalam bentuk grafik seperti Gambar 1.2.



Gambar 1.2. Grafik Eskpor Asam Akrilat di Indonesia

Selain data impor dan data pabrik asam akrilat yang sudah beroperasi, dilakukan analisa serta regresi linear dari data ekspor yang sudah didapatkan dari (Badan Pusat Statistik, 2021) dimana dijabarkan sebagai berikut :

$$y = -322,95x + 680.56$$

$$y = -322,95(2027) + 680.56$$

$$y = 25.491 \text{ ton/tahun}$$

Selain data impor ekspor dan data pabrik yang sudah beroperasi, bahkan data konsumsi yang dapat menunjukkan bahwa kapasitas yang sudah ditentukan berdasarkan data yang relevan dan analisa *supply and demand* yang sudah dilakukan. Konsumsi asam akrilat di dunia pada tahun 2019



sebanyak 8,3 juta ton dan akan diprediksikan meningkat sebesar 5,96% dari tahun 2019 – 2030 (ChemAnalyst, 2022).

Sehingga dapat diproyeksikan konsumsi asam akrilat pada tahun 2027 sebesar 120.695 juta ton/tahun. Apabila angka konsumsi tersebut dimasukkan ke dalam perhitungan *supply and demand* maka hasilnya akan sangat besar. Sehingga ditinjau lagi konsumsi asam akrilat yang lebih spesifik yaitu di Indonesia sendiri, menurut data dari Badan Pusat Statistika, 2017 menunjukkan bahwa konsumsi asam akrilat di Indonesia sebesar 2% setiap tahunnya. Sehingga apabila dihitung didapat nilai konsumsi asam akrilat di Indonesia sebanyak 245.149 ton/tahun, dapat dihitung perkiraan nilai kapasitas dengan kaidah *demand – supply* pada nilai konsumsi tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Peluang Kapasitas} & : (\text{Konsumsi}+\text{Ekspor}) - (\text{Produksi}+\text{Impor}) \\ & : (245.149+25.491) - (140.000+10.358) \\ & : 120.695 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Peluang kapasitas dengan angka yang sangat besar seperti hasil analisa *supply and demand* diatas tentunya akan mempengaruhi kebutuhan bahan baku di Indonesia yang semakin besar juga, maka dari itu dapat diambil kapasitas sebesar 120.689 ton/tahun yang dibulatkan menjadi 120.000 ton/tahun. Selain itu penentuan kapasitas ini juga mempertimbangkan kapasitas pabrik yang sudah berdiri di Indonesia aupun luar negeri. Dengan harapan pendirian pabrik asam akrilat di Indonesia pada kapasitas tersebut dapat mencukupi kebutuhan asam akrilat di Indonesia

ditunjukkan dengan bahwa kapasitas ini sudah menutup nilai impor di beberapa tahun mendatang, serta sisanya dapat di ekspor guna meningkatkan ekonomi nasional, devisa negara serta memberikan lapangan pekerjaan yang lebih banyak bagi masyarakat.

### 1.3 Tinjauan Pustaka

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. (Ataman Chemicals)

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 B1 (Tao Wu, et al., 2020)

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 (Solventis,2010).

Gliserol (1,2,3-propanatriol) atau disebut juga gliserin merupakan senyawa alkohol trihidrat dengan rumus bangun  $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}$ . Gliserol juga merupakan senyawa gliserida yang paling sederhana, dengan hidroksil yang bersifat hidrofilik dan higroskopik. Gliserol berasal dari minyak tumbuhan dalam produksi bahan bakar biodiesel atau oleokimia seperti asam lemak atau alkohol lemak atau ester lemak. (US Patent)

Gliserol dalam jumlah besar digunakan dalam pembuatan obat, kosmetik, pasta gigi, busa uretan, resin sintesis dan lain-lain. Sejumlah besar proses pembuatan tembakau dan makanan juga menggunakan gliserol, baik dalam bentuk gliserin atau pun gliseridanya. Istilah gliserol digunakan untuk zat kimia yang murni, sedang gliserin digunakan untuk istilah hasil pemurnian secara komersial (Kirk Othmer, 1966)

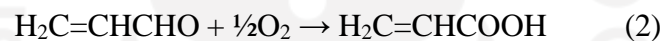
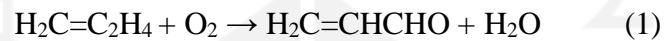
### **1.3.1 Pemilihan Proses**

Pembuatan asam akrilat memiliki beberapa proses yang memiliki kelebihan dan kekurangan dari setiap prosesnya, maka jika ditinjau setiap

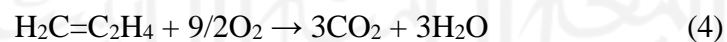
prosesnya dapat dijabarkan sebagai berikut :

**a. Proses Catalytic Oxidation**

Bahan baku yang digunakan dalam proses ini adalah Propilen ( $C_3H_6$ ). Propilen dioksidasi dengan oksigen membentuk akrolein ( $C_3H_4O$ ) dan air. Selanjutnya akrolein dioksidasi lebih lanjut membentuk asam akrilat (Kirk-Othmer, 1982). Reaksi yang terjadi adalah:



Dalam prosesnya, produksi asam akrilat dengan metode ini melibatkan reaksi samping membentuk asam asetat. Dan karena oksidasi ini menggunakan bahan baku hidrokarbon, sangat sulit menghindari terbakarnya propilen membentuk flue gas berupa gas karbon dioksida dan uap air. Reaksi samping yang terjadi adalah sebagai berikut:



Reaksi oksidasi memerlukan katalis yang umumnya berupa campuran oksida logam seperti molibdenum, vanadium, telurium, dan niobium. Proses ini merupakan proses yang sudah lama dan hingga sekarang masih banyak dipilih sebagai proses pembuatan asam akrilat. Bahan baku yang murah dan proses yang mudah menjadi alasan pelaku industri untuk tetap menggunakan

proses ini. Namun bahan baku yang tidak dapat terbarukan menjadi tantangan terbesar dalam penggunaannya.

#### **b. Proses Acrylonitril Route**

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

Reaksi :



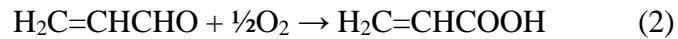
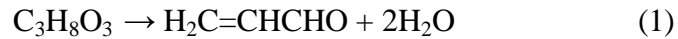
Hidrolisis asam sulfat dapat dilakukan sebagai operasi batch atau kontinyu. Acrylonitril diubah menjadi akrilamida sulfat dengan perlakuan dengan sedikit kelebihan asam sulfat 85% pada 80-100°C. Waktu penahanan sekitar 1 jam memberikan percakapan lengkap acrylonitril. Campuran reaksi dapat dihidrolisis dan asam akrilat berair diperoleh kembali dengan ekstraksi dan dimurnikan seperti yang dijelaskan di bawah proses oksidasi propilena sebelum esterifikasi. Sebagai alternatif, setelah reaksi dengan alkohol berlebih, campuran ester akrilik dan alkohol didistilasi dan kelebihan alkohol diperoleh kembali dengan distilasi ekstraktif aquaous. Ester dalam kedua kasus dimurnikan dengan distilasi.

### c. Proses Dehydration-Oxidation

Sama seperti proses sebelumnya, hasil antara pada proses ini berupa akrolein. Namun bahan baku yang digunakan berasal dari gliserol. Untuk membentuk akrolein dari gliserol, perlu adanya proses dehidrasi. Dehidrasi gliserol lebih dipilih pada fase gas karena yield yang diperoleh lebih besar daripada fase cair (French Patent FR695931).

Diketahui bahwa gliserol dapat terdehidrasi dengan keberadaan senyawa yang bersifat asam. Menurut Organic Synthesis I (1964), reaktor dengan katalis potassium hydrogen sulphate dan potassium sulphate pada suhu 190- 200° C di dapatkan yield akrolein 48%. Proses tersebut terjadi pada fase cair. Kelemahan dari proses ini adalah yield yang didapatkan kecil sehingga proses ini tidak cocok jika diterapkan pada skala industri. Pembuatan asam akrilat pada fase gas menurut French Patent FR695931, uap gliserol dilewatkan pada fixed bed catalyst pada suhu 300° C. Katalis yang digunakan adalah garam yang terdiri atas 3 gugus asam untuk membentuk garam asam fosfor. Yield akrolein yang didapatkan sebesar 75%. Pada proses oksidasi akrolein menjadi asam akrilat menggunakan katalis *molibdenum-vanadium oxide*. (US Patent 814843, 2008).

Pembentukan asam akrilat ( $C_3H_4O_2$ ) dari gliserol ( $C_3H_8O_3$ ) terjadi dalam 2 tahap. Pertama, tahap dehidrasi gliserol menjadi akrolein dan kedua tahap oksidasi akrolein ke asam akrilat. Reaksi yang terjadi adalah :



Dalam Tabel 1.6. sudah dijabarkan beberapa perbedaan dan alasan mengapa proses dehidrasi-oksidasi gliserol yang kami gunakan.

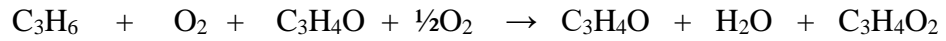
Tabel 1.2. Perbandingan Proses Pembuatan Asam Akrilat

| <b>Proses</b>              | <b>Konversi Reaksi</b>       | <b>Bahan Baku</b>                                                   | <b>Kondisi Operasi</b>                               | <b>Tahapan Reaksi</b>      |
|----------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------|
| Proses Catalytic Oxidation | Konversi reaksi sebesar 58%  | Bahan baku tidak terbarukan                                         | Berlangsung pada suhu 400-500°C                      | Reaksi berlangsung 2 tahap |
| Proses Acrylonitrile route | Konversi reaksi sebesar <58% | Bahan baku mahal                                                    | Berlangsung pada suhu 80-100°C                       | Reaksi berlangsung 1 tahap |
| Proses Dehidrasi-Oksidasi  | Konversi reaksi sebesar 75%  | Bahan baku mudah didapatkan, dapat diperbarui, dan ramah lingkungan | Reaksi berlangsung pada suhu 300°C dan tekanan 5 bar | Reaksi berlangsung 2 tahap |

Latar belakang dari pemilihan proses pembuatan asam akrilat selain dari perbandingan prosesnya juga bisa dilihat dari perhitungan profit kotor satu proses dengan proses yang lain sebagai berikut :



1. Proses *Catalytic Oxidation*

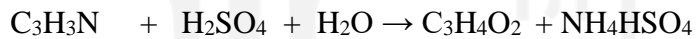


Tabel 1.3 Profit Kotor Proses *Catalytic Oxidation*

|                        |       |       |       |       |       |       |        |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Mol                    | 1     | 1     | 1     | ½     | 1     | 1     | 1      |
| Bm                     | 0,042 | 0,032 | 0,056 | 0,032 | 0,056 | 0,018 | 0,072  |
| Berat (kg)             | 0,042 | 0,032 | 0,056 | 0,032 | 0,056 | 0,018 | 0,072  |
| berat/berat<br>dari AA | 0,583 | 0,4   | 0,7   | 0,2   | 0,7   | 0,25  | 1      |
| \$/kg                  | 2     | 0     | 1,3   | 0     | 1,3   | 0     | 17.900 |

$$\begin{aligned} \text{Profit kotor} &= 1,3\$/\text{kg}(0,7) + 17.900\$/\text{kg} (1) - 2\$/\text{kg}(0,583) + 1,3\$/\text{kg}(0,7) \\ &= 17.899 \$/\text{kg} \end{aligned}$$

2. Proses *Acrylonitril Route*

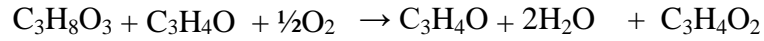


Tabel 1.4 Profit Kotor Proses *Acrylonitril Route*

|                        |       |       |       |        |       |
|------------------------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Mol                    | 1     | 1     | 1     | 1      | 1     |
| Bm                     | 0,053 | 0,098 | 0,018 | 0,072  | 0,115 |
| Berat (kg)             | 0,053 | 0,098 | 0,018 | 0,072  | 0,115 |
| berat/berat<br>dari AA | 0,95  | 1,75  | 0,25  | 1      | 2,05  |
| \$/kg                  | 0,15  | 1,15  | 0     | 17.900 | 10    |

$$\begin{aligned} \text{Profit kotor} &= 17.900\$/\text{kg} (1) + 10\$/\text{kg}(2,05) - 151\$/\text{kg}(0,95) \\ &+ 1,15\$/\text{kg}(1,75) = 17.775,03 \$/\text{kg} \end{aligned}$$

### 3. Proses *Dehydration-Oxidation*



Tabel 1.5 Profit Kotor Proses *Dehydration-Oxidation*

|                     |       |       |       |       |       |        |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Mol                 | 1     | 1     | ½     | 1     | 2     | 1      |
| Bm                  | 0,092 | 0,056 | 0,032 | 0,056 | 0,018 | 0,072  |
| Berat (kg)          | 0,092 | 0,056 | 0,032 | 0,056 | 0,018 | 0,072  |
| berat/berat dari AA | 1,27  | 0,7   | 0,4   | 0,7   | 0,25  | 1      |
| \$/kg               | 1     | 1,3   | 0     | 1,3   | 0     | 17.900 |

$$\text{Profit kotor} = 1,3\$/\text{kg}(0,7) + 17.900\$/\text{kg}(1) - 1\$/\text{kg}(1,27) + 1,3\$/\text{kg}(0,7) = 17.900,55 \$/\text{kg}$$

Tabel 1.6 Perbandingan Profit kotor tiap proses

| No. | Proses                              | Profit Kotor (\$/kg) |
|-----|-------------------------------------|----------------------|
| 1.  | Proses <i>Catalytic Oxidation</i>   | 17.899               |
| 2.  | Proses <i>Acrylonitril Route</i>    | 17.775,03            |
| 3.  | Proses <i>Dehydration-Oxidation</i> | 17.900,55            |

Dapat dilihat dari perhitungan profit kotor dari ketiga proses maka proses yang paling menguntungkan adalah proses yang kami pilih yaitu proses *dehydration-oxidation*

## 1.4 Tinjauan Kinetika dan Termodinamika

Tinjauan termodinamika dan kinetika ini berisi data data yang

dibutuhkan dalam menentukan jenis reaktor yang digunakan, alat proses serta untuk mengetahui kondisi reaksi dari kedua tahapan reaksi sebelum menjadi asam akrilat.

#### 1.4.1 Tinjauan Kinetika

Sebelum menentukan jenis rancangan aliran reaktor, maka perlu mencari data kinetika dari reaksi dehidrasi gliserol dan reaksi oksidasi akrolein. Menurut jurnal diketahui nilai A dan nilai  $E_a$  (Energi Aktivasi) dari persamaan Arrhenius sehingga untuk mencari konstanta kinetika reaksi digunakan persamaan :

$$k = A \cdot \exp \frac{-E_a}{RT} \quad \text{atau} \quad \ln k = -E_a + \ln A$$

Keterangan :

$k$  = konstanta laju reaksi  $R$  = konstanta gas (J/mol K)

$A$  = faktor pre-eksponensial  $T$  = suhu (K)

$E_a$  = energi aktivasi (J/mol)

Reaksi yang pertama yaitu reaksi dehidrasi gliserol menjadi akrolein

berdasarkan jurnal referensi diketahui data kinetika sebagai berikut :

$$A = 20,7 \text{ 1/h} \quad E_a = 46.000 \text{ J/mol} \quad R = 8,314 \text{ J/K.mol}$$

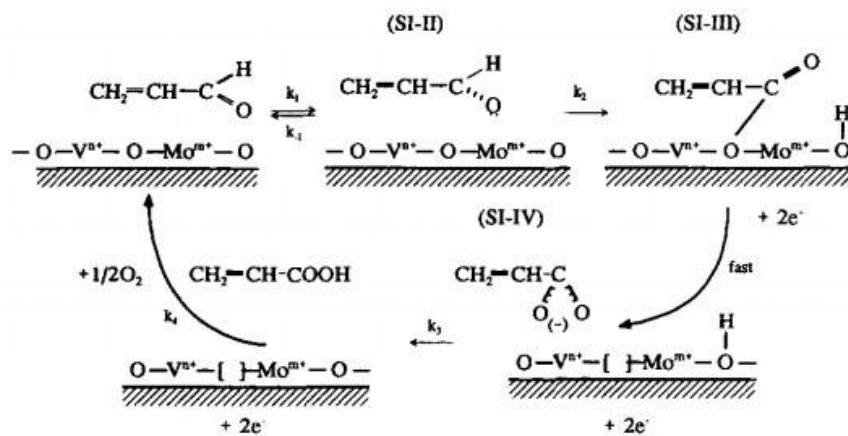
$$T = 573 \text{ K}$$

$$k_1 = A \cdot \exp$$

$$k_1 = 20,7 \times \text{Exp} (-46.000/(8,314 \cdot 573))$$

$$k_1 = 0,02 \text{ 1/h}$$

Reaksi yang kedua yaitu pembentukan asam akrilat dari oksidasi akrolein dari jurnal referensi yang sudah kami dapatkan tidak dicantumkan data Ea maupun A akan tetapi sudah dalam bentuk nilai k yang ingin kita cari. Data nilai k yang dibagi menjadi beberapa step atau tahapan sebelum menentukan k akhir hingga terbentuknya asam akrilat dijabarkan dalam gambar 1.2.



Gambar 1.2. Tahapan proses oksidasi akrolein menjadi asam akrilat

$$k_1 = 4,6 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1} ; k_{-1} = 1,8 \times 10^2 \exp(-10.000/RT) \text{ s}^{-1} ; k_2 = 4,5 \times 10^6 \exp(-19.000/RT) \text{ s}^{-1} ; k_3 = 2,1 \times 10^3 \exp(-13.000/RT) \text{ s}^{-1} ; k_4 = 1,8 \times 10^{-18} \exp(-8.000/RT) \text{ m}^2/\text{Pa.mol.s}$$

Sehingga nilai k yang digunakan untuk mengetahui laju reaksi pembentukan asam akrilat dari oksidasi akrolein yaitu :

$$k_2 = 1,8 \times 10^{-18} \exp(-8.000/RT) \text{ m}^2 / \text{Pa mol.s}$$

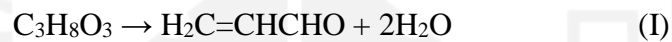
$$k_2 = 1,8 \times 10^{-18} \exp(-8.000/(0,314.573)) \text{ m}^2 / \text{Pa mol.s}$$

$$k_2 = 1,8 \times 10^{-1} \cdot 0,2$$

$$k_2 = 3,36 \times 10^{-19} \text{ 1/h}$$

### 1.4.2 Tinjauan Termodinamika

Proses pembuatan asam akrilat dari bahan baku gliserol dibagi menjadi 2 tahapan, yaitu tahapan dehidrasi gliserol menjadi akrolein dan air, lalu tahapan oksidasi akrolein dengan bantuan oksigen menjadi asam akrilat. Reaksi pembentukan akrolein dari proses dehidrasi gliserol adalah sebagai berikut :



Data - data harga  $\Delta H^\circ_f$  dan  $\Delta G^\circ$  didapatkan dari buku Yaws, 1999, untuk masing- masing komponen pada suhu 298 K seperti yang dijabarkan dalam Tabel 1.7.

Tabel 1.7 Data  $\Delta H^\circ_f$  dan  $\Delta G^\circ$  masing-masing komponen reaksi I

| Komponen                          | $\Delta H^\circ_f$ | $\Delta G^\circ$ |
|-----------------------------------|--------------------|------------------|
| $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$  | -583 kJ/mol        | - 449 kJ/mol     |
| $\text{H}_2\text{C}=\text{CHCHO}$ | -81 kJ/mol         | - 56 kJ/mol      |
| $\text{H}_2\text{O}$              | - 242 kJ/mol       | - 229 kJ/mol     |

$$\sum \Delta H_r^\circ = \Delta H^\circ_f (\text{produk}) - \Delta H^\circ_f (\text{reaktan})$$

$$= (\Delta H^\circ_f \text{H}_2\text{C}=\text{CHCHO} + \Delta H^\circ_f 2\text{H}_2\text{O}) - \Delta H^\circ_f \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$$

$$= (-81 + 2*(- 242)) - (-583) = 18,2 \text{ kJ/mol}$$

Sedangkan untuk harga  $\Delta H_r$  pada suhu operasi dibutuhkan data

perubahan kapasitas panas yang didapatkan dari buku Yaws, 1999.

Persamaan kapasitas panas dituliskan pada tabel 1.8.

Tabel 1.8. Data kapasitas panas masing masing komponen reaksi I

| Komponen                                     | A       | B         | C         | D        | Cp (kJ/mol.K) |
|----------------------------------------------|---------|-----------|-----------|----------|---------------|
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub> | 1,3E+02 | 8,60E-01  | -1,97E-03 | 1,81E-06 | 316,6         |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O              | 4,8E+01 | 5,82E-01  | -1,93E-03 | 2,69E-06 | 252,2         |
| H <sub>2</sub> O                             | 9,2E+01 | -4,00E-02 | -2,11E-04 | 5,35E-07 | 100,5         |

$$\sum \Delta H_r = \Delta H_r(298) - \int_{298}^{573} C_p C_3 H_4 O dT + \int_{298}^{573} C_p H_2 O dT - \int_{298}^{573} C_p C_3 H_8 O_3 dT$$

$$\sum \Delta H_{r(573)} = 252,2 (573-298) + 100,5 (573-298) - 316,6 (573-298)$$

$$\sum \Delta H_{r(573)} = 9925,1 \text{ kJ/mol}$$

Berdasarkan perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa reaksi dehidrasi pembentukan akrolein dari gliserol bersifat endotermis atau memerlukan panas. Reaksi dapat dikatakan reversible atau irreversible ditentukan dari menghitung energi bebas Gibbs, berikut adalah energi bebas Gibbs pada suhu 298 K.  $\Delta G^{\circ}$ f masing-masing komponen pada suhu 298 K adalah :

$$\begin{aligned}\sum \Delta G^\circ &= \Delta G^\circ \text{ produk} - \Delta G^\circ \text{ reaktan} \\ &= (\Delta G^\circ \text{ C}_3\text{H}_4\text{O} + \Delta G^\circ \text{ 2 H}_2\text{O}) - \Delta G^\circ \text{ C}_3\text{H}_8\text{O}_3 \\ &= (-55,9 + 2(-228,6)) - (-448,5) = -64,7 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Menghitung konstanta kesetimbangan (K) standar pada suhu sebesar 298 K diketahui tetapan R yaitu 8,314 J/mol.K

$$\begin{aligned}\ln K_1 &= - \frac{\Delta G^\circ}{RT} \\ \ln K_1 &= - \frac{-64,69 \text{ kJ/mol}}{0,00831 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \text{ K} \cdot 298 \text{ K}} \\ \ln K_1 &= 26,11 \\ K_1 &= \exp - \frac{\Delta G^\circ}{RT} \\ K_1 &= 2,18 \times 10^{11}\end{aligned}$$

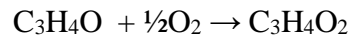
Proses yang pertama ini memiliki kondisi operasi dimana proses berjalan pada suhu 300 °C dengan tekanan 5 atm maka didapatkan nilai energi bebas Gibbs dari kondisi operasi ini yaitu :

$$\begin{aligned}\ln \frac{K_2}{K_1} &= \left[ - \frac{\Delta H}{R} \right] \left[ \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right] \\ \ln \frac{K_2}{2,18 \times 10^{11}} &= \left[ - \frac{18,2}{8,314} \right] \left[ \frac{1}{573} - \frac{1}{298} \right] \\ \frac{K_2}{2,18 \times 10^{11}} &= \exp 3,52551 \times 10^{-3} \\ \frac{K_2}{2,18 \times 10^{11}} &= 1,004 \\ K_2 &= 2,1877 \times 10^{11}\end{aligned}$$

Karena nilai konstanta kesetimbangan (K) pada kedua kondisi sama sama menunjukkan nilai yang besar hal ini menunjukkan bahwa reaksi berjalan tidak bolak-balik (*irreversible*). Reaksi yang kedua yaitu



reaksi pembentukan asam akrilat dari proses oksidasi akrolein dibantu oksigen adalah sebagai berikut :



Data data harga  $\Delta\text{H}^\circ\text{f}$  dan  $\Delta\text{G}^\circ$  didapatkan dari buku Yaws, 1999, untuk masing-masing komponen pada suhu 298 K dijabarkan pada tabel 1.9.

Tabel 1.9. Data harga  $\Delta\text{H}^\circ\text{f}$  dan  $\Delta\text{G}^\circ$  pada reaksi II

| Komponen                         | $\Delta\text{H}^\circ\text{f}$ | $\Delta\text{G}^\circ$ |
|----------------------------------|--------------------------------|------------------------|
| $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}$   | -81 kJ/mol                     | -55,9 kJ/mol           |
| $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2$ | -336,2 kJ/mol                  | -286,1 kJ/mol          |
| $\text{O}_2$                     | 0 kJ/mol                       | 0 kJ/mol               |

$$\begin{aligned} \sum\Delta\text{H}_R &= \Delta\text{H}^\circ\text{f}(\text{produk}) - \Delta\text{H}^\circ\text{f}(\text{reaktan}) \\ &= \Delta\text{H}^\circ\text{f} \text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2 - (\Delta\text{H}^\circ\text{f} \text{C}_3\text{H}_4\text{O} - \Delta\text{H}^\circ\text{f} \frac{1}{2}\text{O}_2) \\ &= -336,2 - (-81 + \frac{1}{2}.0) = -255,2 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk harga  $\Delta\text{H}_r$  pada suhu operasi dibutuhkan data perubahan kapasitas panas yang didapatkan dari buku Yaws, 1999. Persamaan kapasitas panas dituliskan pada tabel 1.10. :

Tabel 1.10 Data kapasitas panas masing masing komponen reaksi II

| Komponen                                     | A        | B        | C         | D        | Cp (kJ/mol.K) |
|----------------------------------------------|----------|----------|-----------|----------|---------------|
| CH <sub>2</sub> CHCHO                        | 4,8E+01  | 5,82E-01 | -1,93E-03 | 2,69E-06 | 252,2         |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> | -1,8E+01 | 1,21E+00 | -3,12E-03 | 3,14E-06 | 243,3         |
| O <sub>2</sub>                               | 4,6E+01  | 3,95E-01 | -7,05E-03 | 3,99E-05 | 5.463,3       |

$$\sum \Delta H_r(573) = \Delta H_r(298) - \left( \int_{298}^{573} C_p C_3H_4O_2 dT + \int_{298}^{573} C_p O_2 dT \right) - \int_{298}^{573} C_p C_3H_4O dT$$

$$\sum \Delta H_r(573) = 243,3 (573-298) + 5463,3 (573-298) - 252,2 (573-298)$$

$$\sum \Delta H_r(573) = 1.499.939 \text{ kJ/mol}$$

Berdasarkan perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa reaksi pembentukan asam akrilat dari oksidasi akrolein dan oksigen pada suhu 298 K bersifat eksotermis. Reaksi dapat dikatakan *reversible* atau *irreversible* ditentukan dari menghitung energi bebas Gibbs reaksi pada suhu 298 K. Nilai  $\Delta G^\circ$  pada reaksi ke II adalah:

$$\sum \Delta G^\circ = \Delta G^\circ \text{ produk} - \Delta G^\circ \text{ reaktan}$$

$$= \Delta G^\circ \text{ H}_2\text{C}=\text{CHCOOH} - (\Delta G^\circ \text{ 1/2O}_2 + \Delta G^\circ \text{ H}_2\text{C}=\text{CHCHO})$$

$$= -286,1 - (1/2 \cdot 0 + (-55,98)) = -230,1 \text{ kJ/mol}$$

Menghitung konstanta kesetimbangan (K) standar pada T sebesar 298 K diketahui tetapan R yaitu 8,314 J/mol K dan

$$\ln K_1 = -\frac{\Delta G^\circ}{RT}$$

$$\ln K_1 = -\frac{-230,08 \text{ kJ/mol}}{0,00831 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \cdot \text{K} \cdot 298 \text{ K}}$$

$$\ln K_1 = 92,8$$

$$K1 = \exp -\frac{\Delta G^\circ}{RT}$$

$$K1 = 2,13 \times 10^{40}$$

Proses reaksi yang kedua juga menggunakan kondisi operasi pada suhu 300°C sehingga untuk menghitung nilai  $\Delta G$  reaksi pembentukan asam akrilat dari akrolein dengan kondisi operasi tersebut adalah :

$$\ln \frac{K2}{K1} = \left[ -\frac{\Delta H}{R} \right] \left[ \frac{1}{T2} - \frac{1}{T1} \right]$$

$$\ln \frac{K2}{2,13 \times 10^{40}} = \left[ -\frac{-255,23}{8,314} \right] \left[ \frac{1}{573} - \frac{1}{298} \right]$$

$$\ln \frac{K2}{2,13 \times 10^{40}} = -0,04944$$

$$\frac{K2}{2,13 \times 10^{40}} = \exp - 0,04944$$

$$\frac{K2}{2,13 \times 10^{40}} = 0,952$$

$$K2 = 2,02 \times 10^{40}$$

Karena nilai konstanta kesetimbangan (K) besar, hal ini menunjukkan bahwa reaksi berjalan tidak bolak-balik (*irreversible*).

## BAB II

### PERANCANGAN PRODUK

#### 2.1 Spesifikasi Produk

Untuk memenuhi kualitas produk sesuai target pada perancangan ini, maka mekanisme pembuatan perancangan pabrik asam akrilat dirancang berdasarkan variable-variabel utama yaitu: spesifikasi produk, spesifikasi bahan baku, spesifikasi bahan pembantu dan pengendalian kualitas yang akan ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 2 1 Spesifikasi Bahan Baku

| Parameter        | Spesifikasi Bahan Baku     |                         |                        |
|------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------|
| Nama Senyawa     | Gliserol                   | Akrolein                | Oksigen                |
| Rumus Kimia      | $C_3H_8O_3$                | $C_3H_4O$               | $O_2$                  |
| Berat Molekul    | 92,1 g/mol                 | 56,1 g/mol              | 32 g/mol               |
| Fase             | Cairan kental tak berwarna | Cairan tak berwarna     | Gas                    |
| Kelarutan        | Sukar larut dalam air      | Sedikit larut dalam air | Larut dalam air        |
| Titik Didih      | 290 °C                     | 52,5 °C                 | -183 °C                |
| Titik Lebur      | 20 °C                      | -88 °C                  | -218,8 °C              |
| Spesifik Gravity | 1,26                       | 0,8389                  | 1,1053 (21,11 °C)      |
| Tekanan Uap      | 0,26 hPa (100 °C)          | 28 kPa                  | -                      |
| Densitas         | 1,25 g/mL                  | 212 mg/L (25 °C)        | 1,33 kg/m <sup>3</sup> |
| Viskositas       | 1.412 cP (20 °C)           | 0,35 mPa (20 °C)        | -                      |

Tabel 2 2 Spesifikasi Produk dan Katalis

| Parameter        | Spesifikasi                       |                                  |                                              |
|------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------|
|                  | Katalis                           |                                  | Produk                                       |
| Nama Senyawa     | <i>Tungsten Zirconia</i>          | <i>Vanadium Molybdenum-Oxide</i> | Asam Akrilat                                 |
| Rumus Kimia      | Zr(WO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> | MoV <sub>2</sub> O <sub>8</sub>  | C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> |
| Berat Molekul    | 586,92 g/mol                      | 143,94 g/mol                     | 72,06 g/mol                                  |
| Fase             | Bubuk putih                       | Padat kekuning-kuningan          | Cairan tak berwarna                          |
| Kelarutan        | Tidak larut dalam air             | Larut dalam air                  | Larut dalam air                              |
| Titik Didih      | < 3.400 °C                        | 1.750 °C                         | 139 °C                                       |
| Titik Lebur      | -                                 | 795 °C                           | 13°C                                         |
| Spesifik Gravity | -                                 | -                                | 1,05                                         |
| Tekanan Uap      | -                                 | -                                | 5 hPa (20 °C)                                |
| Densitas         | 5.100 kg/m <sup>3</sup>           | -                                | 1.051 kg/m <sup>3</sup>                      |
| Viskositas       | -                                 | -                                | 1,19 cP (20 °C)                              |

## 2.2 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas (*Quality Control*) pada pabrik asam akrilat ini meliputi pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses, dan pengendalian kualitas produk.

### 2.2.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas dari bahan baku dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kualitas bahan baku yang digunakan, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan untuk proses. Oleh karena itu sebelum dilakukan proses produksi, dilakukan pengujian terhadap kualitas bahan baku yang berupa gliserol dan bahan-bahan pembantu *tungsten zirconia* dan *vanadium molybdenum oxide* dengan tujuan agar bahan yang digunakan dapat diproses di dalam pabrik. Uji yang dilakukan antara lain uji densitas, viskositas, volatilitas, kadar komposisi komponen, kemurnian bahan baku.

### 2.2.2 Pengendalian Proses

Pengendalian proses produksi pabrik ini meliputi aliran dan alat sistem kontrol.

#### 2.2.2.1 Alat Sistem Kontrol

- a. Sensor, digunakan untuk identifikasi variabel-variabel proses. Alat yang digunakan manometer untuk sensor aliran fluida, tekanan dan level, termocouple untuk sensor suhu.

- b. Controller dan Indikator, meliputi level indikator dan control, temperature indicator control, pressure control, flow control.
- c. Actuator digunakan untuk manipulate agar variabelnya sama dengan variabel controller. Alat yang digunakan automatic control valve dan manual hand valve.

#### **2.2.2.2 Aliran Sistem Kontrol**

- a. Aliran pneumatik (aliran udara tekan) digunakan untuk valve dari controller ke actuator.
- b. Aliran electric (aliran listrik) digunakan untuk suhu dari sensor ke controller.
- c. Aliran mekanik (aliran gerakan/perpindahan level) digunakan untuk flow dari sensor ke controller.

#### **2.2.3 Pengendalian Kualitas Produk**

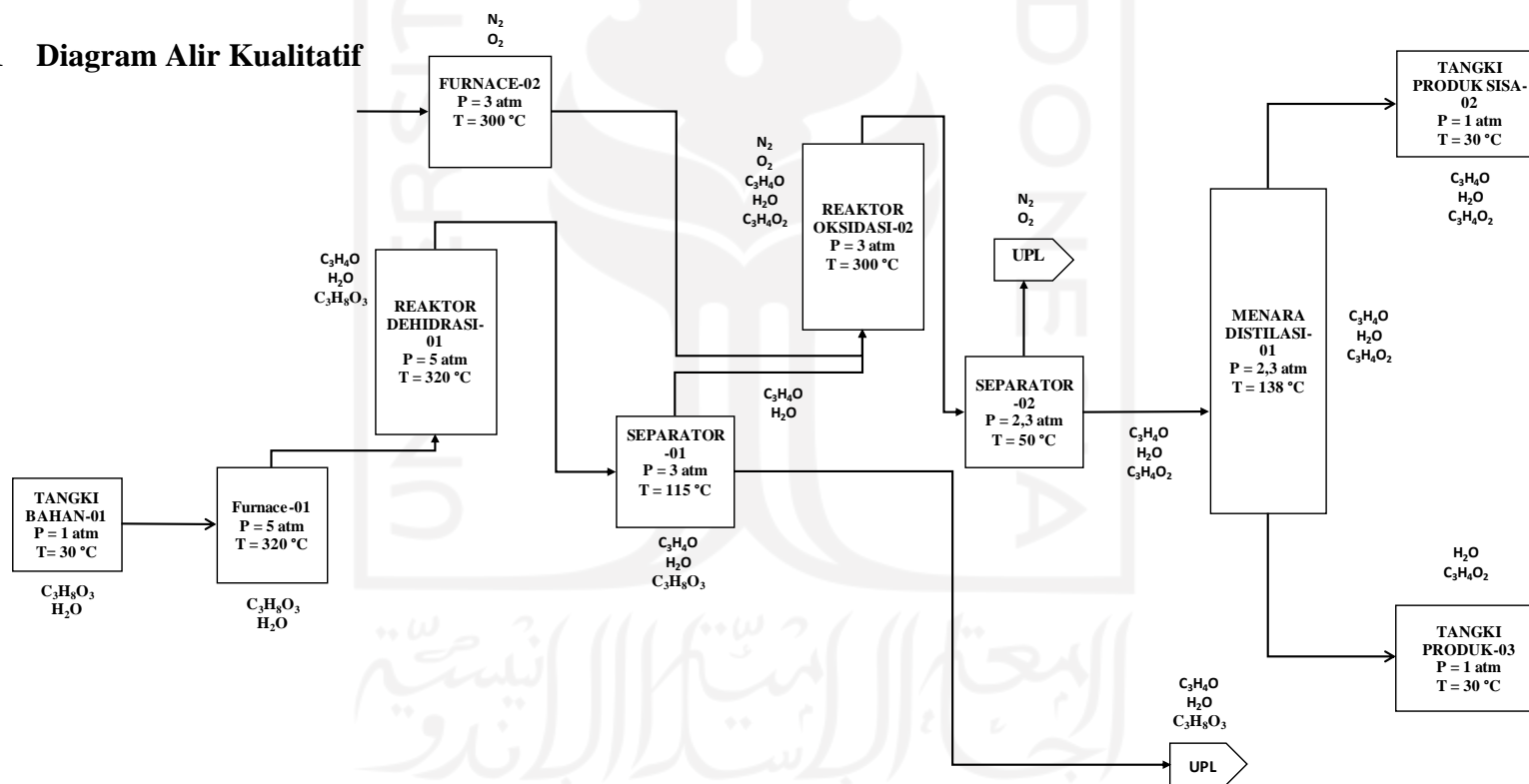
Untuk memperoleh mutu produk standar maka diperlukan bahan yang berkualitas, pengawasan serta pengendalian terhadap proses yang ada dengan cara system control sehingga didapatkan produk yang berkualitas dan dapat dipasarkan. Untuk mengetahui produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang ada maka di lakukan uji densitas, viskositas, volatilitas, kemurnian produk, dan komposisi komponen produk.

# BAB III

## PERANCANGAN PROSES

### 2.3 Diagram Alir Proses dan Material

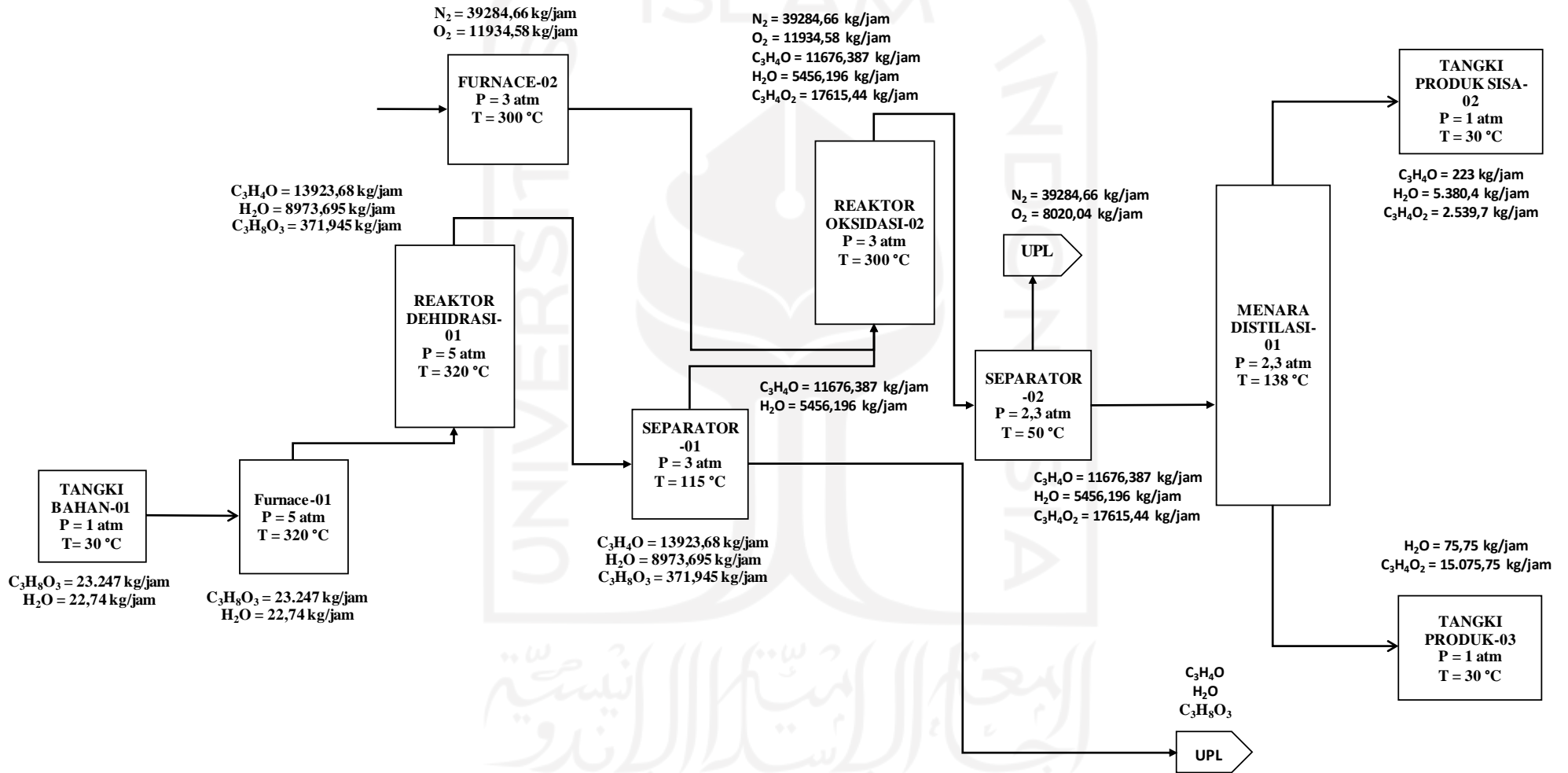
#### 2.3.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif



### 2.3.2 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif

## **2.4 Uraian Proses**

Proses pembuatan asam akrilat dengan mereaksikan gliserol secara umum terdapat beberapa tahapan, yaitu :

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap reaksi
3. Tahap pemurnian hasil

### **2.4.1 Tahap Persiapan Bahan Baku**

Gliserol dengan kemurnian 99,5% yang disimpan kedalam tangki (T-01) dialirkan menuju furnace (F-01) menggunakan pompa (P-01) untuk dinaikkan suhunya sebelum masuk ke dalam furnace (F-01).

### **2.4.2 Tahap Reaksi**

Kemudian dinaikkan tekanannya menggunakan kompresor dan dipompakan lagi menuju furnace (F-01) gliserol cair dipanaskan hingga mencapai suhu 320°C dan tekanan 5 atm dimana fasenya sudah berubah menjadi gas. Gas gliserol kemudian diumpankan kedalam reaktor (R-01) menggunakan blower (BL-01), kemudian hasil reaksi dehidrasi gliserol di reaktor (R-01) menghasilkan produk keluaran berupa gliserol sisa, air dan akrolein. Ketiga komponen dipisahkan menggunakan separator (SP-01) dengan kondisi operasi 115°C dan tekanan 3 atm, keluaran separator (SP-01) terdapat dua keluaran yaitu berupa cair dan gas dimana keluaran gas akrolein dan air akan diteruskan ke proses selanjutnya dan cairan campuran sisa gliserol, air dan sedikit akrolein akan diolah di UPL.

Setelah itu sebelum masuk reaktor (R-02) suhu dan tekanan dinaikkan menggunakan heater (H-02) dan kompresor (K-01) menuju suhu 300°C dan tekanan 3 atm, lalu gas akrolein yang sudah dirubah suhu dan tekanannya diumpankan kedalam reaktor (R-02) menggunakan blower (BL-04). Dalam proses oksidasi akrolein membutuhkan bahan baku udara dalam supply jumlah O<sub>2</sub>, dalam hal ini kami menggunakan udara bebas yang disedot menggunakan blower (BL-05) lalu disaring menggunakan bag filter (FL-01) untuk memisahkan udara dari kotoran. Selanjutnya udara dinaikkan tekanannya menjadi 3 atm sebelum dinaikkan suhunya menjadi 300°C menggunakan furnace (F-02) lalu udara yang sudah siap digunakan diumpankan bersamaan dengan gas akrolein kedalam reaktor (R-02) untuk proses oksidasi. Produk keluaran reaktor (R-02) yaitu berupa asam akrilat, akrolein sisa, N<sub>2</sub>, dan O<sub>2</sub> yang selanjutnya akan dipisahkan menggunakan separator (SP-02) tetapi sebelumnya tekanan dan temperatur diturunkan. Didalam separator udara (O<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub>) dengan campuran cairan akrolein dan asam akrilat, dimana udara yang sudah terpisah dari campuran cairan akrolein dan asam akrilat akan diolah didalam UPL.

#### **2.4.3 Tahap Pemurnian Hasil**

Cairan campuran ini akan dimurnikan agar menjadi asam akrilat dengan kemurnian 99,5%, keluaran menara distilasi (MD-01) ada dua keluaran yaitu top dan bottom, dimana keluaran top berupa gas akrolein yang akan di kondensasi menggunakan kondensor (CD-01) sehingga didapatkan akrolein berupa cair lalu akrolein cair didinginkan suhunya menjadi 30°C untuk

selanjutnya disimpan kedalam tangki (T-03) dan sisa akrolein yang belum mencapai titik jenuhnya digunakan untuk reflux ke menara distilasi kembali. Keluaran bottom berupa cairan yang akan diumpankan kedalam reboiler (RB-01) untuk menghasilkan asam akrilat cair dengan kemurnian 99,5% dan disimpan kedalam tangki (T-03).

## 2.5 Spesifikasi Alat

### 2.5.1 Spesifikasi Reaktor 1

Tabel 3.1. Spesifikasi Reaktor (R-01)

| Parameter                | R-01                                                                 |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Fungsi                   | Tempat terjadinya reaksi dehidrasi gliserol menjadi akrolein dan air |
| Jenis                    | Reaktor <i>Fixed Bed</i>                                             |
| Bahan Kontruksi          | <i>Stainless Steel</i> , SA-167 18Cr-8Ni Tipe 304                    |
| Katalis                  | <i>Tungsten Zirconia</i> ( $WO_3/ZrO_2$ )                            |
| Jumlah                   | 1 buah                                                               |
| Harga                    | Rp. 7.738.984.753                                                    |
| <b>Kondisi Operasi :</b> |                                                                      |
| - Suhu                   | 320 °C                                                               |
| - Tekanan                | 5 atm                                                                |
| - Kondisi Proses         | Adiabatis, Non isothermal                                            |
| <b>Dimensi :</b>         |                                                                      |
| - Diameter (ID) shell    | 3 in                                                                 |
| - Tebal shell            | 1,32 in                                                              |
| - Tinggi total           | 12,18 m                                                              |

## 2.5.2 Spesifikasi Reaktor 2

Tabel 3.2. Spesifikasi Reaktor (R-02)

| Parameter                | R-02                                                                |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Fungsi                   | Mereaksikan akrolein dan oksigen menjadi asam akrilat               |
| Jenis                    | Reaktor <i>Fixed Bed</i>                                            |
| Bahan Kontruksi          | <i>Stainless Steel</i> , SA-167 18Cr-8Ni Tipe 304                   |
| Katalis                  | <i>Vanadium Molybdenum Oxide</i> (MoV <sub>2</sub> O <sub>8</sub> ) |
| Jumlah                   | 1 buah                                                              |
| Harga                    | Rp. 5.156.338.140                                                   |
| <b>Kondisi Operasi :</b> |                                                                     |
| - Suhu                   | 300 °C                                                              |
| - Tekanan                | 3 atm                                                               |
| - Kondisi Proses         | Adiabatis, Non isothermal                                           |
| <b>Dimensi :</b>         |                                                                     |
| - Diameter (ID) shell    | 68,91 in                                                            |
| - Tebal shell            | 3/16 in                                                             |
| - Tinggi total           | 18,04 m                                                             |

### 2.5.3 Spesifikasi Alat Pemisah

Tabel 3.3. Spesifikasi Separator (SP-01 dan SP-02)

| Parameter                | SP-01                                                           | SP-02                                                                           |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Fungsi                   | Untuk memisahkan produk akrolein dari campuran air dan gliserol | Untuk memisahkan produk asam akrilat dari gas O <sub>2</sub> dan N <sub>2</sub> |
| Jenis                    | <i>Silinder vertical dengan tutup dan dasar Ellipsoidal</i>     | <i>Silinder vertical dengan tutup dan dasar Ellipsoidal</i>                     |
| Bahan Kontruksi          | <i>Carbon steel SA-283 Grade C</i>                              | <i>Carbon steel SA-283 Grade C</i>                                              |
| Jumlah                   | 1 buah                                                          | 1 buah                                                                          |
| Harga                    | Rp. 248.951.372                                                 | Rp. 248.951.372                                                                 |
| <b>Kondisi Operasi :</b> |                                                                 |                                                                                 |
| - Suhu                   | 115 °C                                                          | 50 °C                                                                           |
| - Tekanan                | 3 atm                                                           | 2,3 atm                                                                         |
| <b>Dimensi :</b>         |                                                                 |                                                                                 |
| - Tebal Shell            | 1/4 in                                                          | 1/4 in                                                                          |
| - Tinggi Head            | 15,218 in                                                       | 14,100 in                                                                       |
| - Tebal Head             | 1/4 in                                                          | 1/4 in                                                                          |
| - Tinggi Total           | 68,26 in                                                        | 96,4 in                                                                         |

Tabel 3.4. Spesifikasi Menara Distilasi (MD-01)

| Parameter                | MD-01                                                           |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Fungsi                   | Untuk memurnikan produk asam akrilat hingga 99,5%               |
| Jenis                    | <i>Plate tower (sieve tray) berbentuk torispherical dishead</i> |
| Bahan Kontruksi          | <i>Carbon steel SA-283 Grade C</i>                              |
| Jumlah                   | 1 buah                                                          |
| Harga                    | Rp. 1.060.085.092                                               |
| <b>Kondisi Operasi :</b> |                                                                 |
| - Suhu                   | 138,35 °C                                                       |
| - Feed                   | 137,65 °C                                                       |
| - Top                    | 142,83 °C                                                       |
| - Bottom                 | 170,22 °C                                                       |
| - Tekanan                | 2,3 atm                                                         |
| <b>Dimensi :</b>         |                                                                 |
| - D kolom                | 3 m                                                             |
| - Tinggi                 | 16 m                                                            |
| - Tebal Shell            | 0,008                                                           |
| - Tebal Head             | 0,019 m                                                         |
| - Jumlah Plate           | 14 buah                                                         |
| - Tebal Tray             | 0,005 m                                                         |
| - Diameter hole          | 0,0025 m                                                        |
| - Jumlah hole            | 776 buah                                                        |

Tabel 3.5. Spesifikasi Filter (FL-01)

| Parameter | FL-01                                                               |
|-----------|---------------------------------------------------------------------|
| Fungsi    | Untuk menyaring udara agar terpisah dari kotoran sebelum masuk R-02 |
| Jenis     | <i>Bag Filter</i>                                                   |
| Jumlah    | 1 buah                                                              |
| Kapasitas | 51.220 kg/jam                                                       |
| Flow Area | 139,83 m <sup>2</sup>                                               |

#### 2.5.4 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan

Tabel 3.6. Spesifikasi Tangki Penyimpanan

| Tangki                   | T-01                                                                                    | T-02                                                                              |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Fungsi Peruntukan</b> | Menyimpan kebutuhan                                                                     | Menyimpan sisa gliserol dan                                                       |
| <b>Alat</b>              | gliserol                                                                                | air keluaran alat separator-01                                                    |
| <b>Lama penyimpanan</b>  | 14 hari                                                                                 | 14 hari                                                                           |
| <b>Fasa</b>              | Cair                                                                                    | Cair                                                                              |
| <b>Jumlah tangki</b>     | 1 buah                                                                                  | 1 buah                                                                            |
| <b>Jenis Tangki</b>      | Silinder tegak (vertikal)<br>dengan <i>flat bottom</i> dan<br><i>torispherical head</i> | Silinder tegak (vertikal)<br>dengan <i>flat bottom</i> dan<br><i>conical head</i> |
| <b>Harga</b>             | Rp. 8.747.327.362                                                                       | Rp. 585.662.581                                                                   |



| <b>Kondisi Operasi</b>     | 30 °C, 1 atm                                       | 30 °C, 1 atm                           |
|----------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------|
| <b>Dimensi</b>             |                                                    |                                        |
| <b>Bahan Konstruksi</b>    | <i>Carbon Steel SA-283<br/>Grade C</i>             | <i>Carbon Steel SA-283 Grade<br/>C</i> |
| <b>Volume</b>              | 7.529 m <sup>3</sup>                               | 3.651 m <sup>3</sup>                   |
| <b>Diameter</b>            | 30 m                                               | 24 m                                   |
| <b>Tinggi</b>              | 13 m                                               | 9 m                                    |
| <b>Jumlah course</b>       | 7                                                  | 7                                      |
| <b>Tebal Shell</b>         | 0,005 m – 0,006 m<br>( <i>Torispherical Head</i> ) | 0,005<br>( <i>Torispherical Head</i> ) |
| <b>Tebal Head</b>          | 0,005 m                                            | 0,005 m                                |
| <b>Tinggi total tangki</b> | 18 m                                               | 13 m                                   |

Tabel 3.7. Spesifikasi Tangki Penyimpanan

| <b>Tangki</b>          | <b>T-03</b>                                                                       |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Fungsi Peruntukan Alat | Menyimpan produk asam akrilat keluaran reboiler                                   |
| Lama penyimpanan       | 7 hari                                                                            |
| Fasa                   | Cair                                                                              |
| Jumlah tangki          | 1 buah                                                                            |
| Jenis Tangki           | Silinder tegak (vertical) dengan <i>flat bottom</i> dan <i>torispherical head</i> |
| <b>Kondisi Operasi</b> | 30 °C, 1 atm                                                                      |
| <b>Dimensi</b>         |                                                                                   |
| Bahan Konstruksi       | <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>                                                |
| <b>Volume</b>          | <b>2.939,8 m<sup>3</sup></b>                                                      |
| <b>Diameter</b>        | 24 m                                                                              |

|                            |                                          |
|----------------------------|------------------------------------------|
| <b>Jumlah course</b>       | 7                                        |
| <b>Tebal Shell</b>         | 0,005 m<br>( <i>Torispherical Head</i> ) |
| <b>Tebal Head</b>          | 0,005 m                                  |
| <b>Tinggi total tangki</b> | 13 m                                     |
| <b>Harga</b>               | Rp. 5.745.582.755                        |

### 2.5.5 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan

Tabel 3.8. Spesifikasi Pompa

| <b>Parameter</b> | <b>P-01</b>                                           | <b>P-03</b>                                                                  |
|------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Fungsi           | Mengalirkan Gliserol keluaran HE-01 menuju Furnace-01 | Mengalirkan campuran Gliserol dan Air keluaran Separator-01 menuju Cooler-04 |
| Jenis            | <i>Centrifugal pump, Radial flow impellers</i>        | <i>Centrifugal pump, Radial flow impellers</i>                               |
| Bahan konstruksi | <i>Commercial Steel</i>                               | <i>Commercial Steel</i>                                                      |
| Kapasitas        | 23 m <sup>3</sup> /jam                                | 11 m <sup>3</sup> /jam                                                       |
| Kecepatan Aliran | 0,78 m/s                                              | 0,67 m/s                                                                     |
| IPS              | 4 in                                                  | 3 in                                                                         |
| Sch.Number       | 40                                                    | 40                                                                           |
| Flow Area        | 0,012 m <sup>2</sup>                                  | 0,005 m <sup>2</sup>                                                         |
| Efisiensi Pompa  | 43%                                                   | 30%                                                                          |

|             |         |         |
|-------------|---------|---------|
| Power Pompa | 9,42 HP | 0,74 HP |
| Power Motor | 15 HP   | 1 HP    |

| Parameter            | P-04                                                            | P-05                                           | P-06                                                 |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Fungsi               | Mengalirkan campuran air dan gliserol keluaran Cooler-04 ke UPL | Mengalirkan keluaran accumulator menuju TP-02  | Mengalirkan Asam Akrilat dari Cooler-04 menuju TP-03 |
| Jenis                | <i>Centrifugal pump, Radial flow impellers</i>                  | <i>Centrifugal pump, Radial flow impellers</i> | <i>Centrifugal pump, Radial flow impellers</i>       |
| Bahan konstruksi     | <i>Commercial Steel</i>                                         | <i>Commercial Steel</i>                        | <i>Commercial Steel</i>                              |
| Kapasitas            | 22 m <sup>3</sup> /jam                                          | 23 m <sup>3</sup> /jam                         | 11 m <sup>3</sup> /jam                               |
| Kecepatan Aliran     | 0,75 m/s                                                        | 0,78 m/s                                       | 0,67 m/s                                             |
| <b>Dimensi Pipa:</b> |                                                                 |                                                |                                                      |
| IPS                  | 3 in                                                            | 2 in                                           | 4 in                                                 |
| Sch.Number           | 40                                                              | 40                                             | 40                                                   |
| Flow Area            | 0,008 m <sup>2</sup>                                            | 0,008 m <sup>2</sup>                           | 0,005 m <sup>2</sup>                                 |
| Efisiensi Pompa      | 40 %                                                            | 43%                                            | 30%                                                  |
| Power Pompa          | 1,6 HP                                                          | 9,4 HP                                         | 0,7 HP                                               |
| Power Motor          | 2 HP                                                            | 15 HP                                          | 1 HP                                                 |

| <b>Parameter</b>     | <b>P-07</b>                                    | <b>P-08</b>                                           | <b>P-09</b>                                        |
|----------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Fungsi               | Mengalirkan keluaran SEP-02 menuju H-03        | Mengalirkan Gliserol keluaran HE-01 menuju Furnace-01 | Mengalirkan akrolein dan asam akrilat menuju MD-01 |
| Jenis                | <i>Centrifugal pump, Radial flow impellers</i> | <i>Centrifugal pump, Radial flow impellers</i>        | <i>Centrifugal pump, Radial flow impellers</i>     |
| Bahan konstruksi     | <i>Commercial Steel</i>                        | <i>Commercial Steel</i>                               | <i>Commercial Steel</i>                            |
| Kapasitas            | 22 m <sup>3</sup> /jam                         | 23 m <sup>3</sup> /jam                                | 11 m <sup>3</sup> /jam                             |
| Kecepatan Aliran     | 0,75 m/s                                       | 0,78 m/s                                              | 0,67 m/s                                           |
| <b>Dimensi Pipa:</b> |                                                |                                                       |                                                    |
| IPS                  | 6 in                                           | 4 in                                                  | 4 in                                               |
| Sch.Number           | 40                                             | 40                                                    | 40                                                 |
| Flow Area            | 0,008 m <sup>2</sup>                           | 0,008 m <sup>2</sup>                                  | 0,005 m <sup>2</sup>                               |
| Efisiensi Pompa      | 40 %                                           | 43%                                                   | 30%                                                |
| Power Pompa          | 1,6 HP                                         | 9,4 HP                                                | 0,7 HP                                             |
| Power Motor          | 2 HP                                           | 15 HP                                                 | 1 HP                                               |

Tabel 3.9. Spesifikasi Kompresor

| <b>Parameter</b> | <b>K-01</b> | <b>K-02</b> |
|------------------|-------------|-------------|
|------------------|-------------|-------------|

|                        |                                                    |                                                             |
|------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Fungsi                 | Mengalirkan Akrolein dari<br>SEP-01 menuju<br>H-02 | Mengalirkan Gliserol<br>keluaran HE-01 menuju<br>Furnace-01 |
| Jenis                  | <i>Centrifugal multistage</i>                      | <i>Centrifugal multistage</i>                               |
| Bahan konstruksi       | <i>Carbon steel SA 203 Grade C</i>                 | <i>Carbon steel SA 203 Grade C</i>                          |
| <b>Kondisi Operasi</b> |                                                    |                                                             |
| P in                   | 1,7 atm                                            | 1 atm                                                       |
| P out                  | 3 atm                                              | 3 atm                                                       |
| T in                   | 90 °C                                              | 30 °C                                                       |
| T out                  | 101,8 °C                                           | 54,7 °C                                                     |
| <b>Spesifikasi</b>     |                                                    |                                                             |
| Jumlah Stage           | 1 buah                                             | 1 buah                                                      |
| Power                  | 4,2 HP                                             | 46,7 HP                                                     |

Tabel 3.10. Spesifikasi Expansion Valve

| Parameter              | EXV-01                                         | EXV-02                                          |
|------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Fungsi                 | Menurunkan tekanan keluaran R-01 menuju SEP-01 | Menurunkan tekanan keluaran SEP-01 menuju TP-02 |
| Jenis                  | <i>Globe Valve Open</i>                        | <i>Globe Valve Open</i>                         |
| Bahan konstruksi       | <i>Carbon Stainless steel AISI tipe 316</i>    | <i>Carbon Stainless steel AISI tipe 316</i>     |
| <b>Kondisi Operasi</b> |                                                |                                                 |
| P in                   | 5 atm                                          | 1,7 atm                                         |
| P out                  | 1,7 atm                                        | 1 atm                                           |
| T in                   | 90 °C                                          | 30 °C                                           |
| <b>Spesifikasi</b>     |                                                |                                                 |
| Kapasitas              | 23.269 kg/jam                                  | 9.346 kg/jam                                    |
| <b>Dimensi Alat</b>    |                                                |                                                 |
| ID                     | 0,15 m                                         | 0,05 m                                          |
| OD                     | 0,17 m                                         | 0,06 m                                          |
| a't                    | 0,02 m <sup>2</sup>                            | 0,002 m <sup>2</sup>                            |
| Le                     | 0,3 m                                          | 7,6 m                                           |

Tabel 3.10. ....(lanjutan)

| <b>Parameter</b>       | <b>EXV-03</b>                                  | <b>EXV-04</b>                                   |
|------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Fungsi                 | Menurunkan tekanan keluaran R-01 menuju SEP-01 | Menurunkan tekanan keluaran SEP-01 menuju TP-02 |
| Jenis                  | <i>Globe Valve Open</i>                        | <i>Globe Valve Open</i>                         |
| Bahan konstruksi       | <i>Carbon Stainless steel AISI tipe 316</i>    | <i>Carbon Stainless steel AISI tipe 316</i>     |
| <b>Kondisi Operasi</b> |                                                |                                                 |
| P in                   | 2,2 atm                                        | 2,3 atm                                         |
| P out                  | 1 atm                                          | 1 atm                                           |
| T in                   | 30 °C                                          | 30 °C                                           |
| Kapasitas              | 2.226 kg/jam                                   | 15.151 kg/jam                                   |
| <b>Dimensi Alat</b>    |                                                |                                                 |
| ID                     | 0,01 m                                         | 0,05 m                                          |
| OD                     | 0,02 m                                         | 0,61 m                                          |
| a't                    | 0,0001 m <sup>2</sup>                          | 0,0021 m <sup>2</sup>                           |
| Le                     | 48,8 m                                         | 18,3 m                                          |

Tabel 3 11 Spesifikasi Blower

| Parameter              | BL-01                                       | BL-02                                                                  | BL-03                                                                        | BL-04                                            |
|------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Fungsi                 | Mengalirkan Gliserol dari FU-01 menuju R-01 | Mengalirkan Gliserol, Akrolein, dan Air keluaran R-01 menuju Cooler-01 | Mengalirkan campuran Gliserol dan Air keluaran Separator-01 menuju Cooler-04 | Mengalirkan Akrolein keluaran H-02 menuju SEP-02 |
| Jenis                  | <i>Centrifugal</i>                          | <i>Centrifugal</i>                                                     | <i>Centrifugal</i>                                                           | <i>Centrifugal</i>                               |
| Kapasitas              | 330 m <sup>3</sup> /jam                     | 323 m <sup>3</sup> /jam                                                | 583 m <sup>3</sup> /jam                                                      | 521 m <sup>3</sup> /jam                          |
| <b>Kondisi Operasi</b> |                                             |                                                                        |                                                                              |                                                  |
| T                      | 320 °C                                      | 320 °C                                                                 | 90 °C                                                                        | 300 °C                                           |
| P                      | 5 atm                                       | 5 atm                                                                  | 2 atm                                                                        | 3 atm                                            |
| <b>Dimensi Pipa:</b>   |                                             |                                                                        |                                                                              |                                                  |
| Power                  | 0,2 HP                                      | 0,5 HP                                                                 | 0,2 HP                                                                       | 0,2 HP                                           |



Tabel 3.10.....(lanjutan)

| <b>Parameter</b>       | <b>BL-05</b>                                    | <b>BL-06</b>                        | <b>BL-07</b>                                                                 | <b>BL-08</b>                                              |
|------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| <b>Fungsi</b>          | Mengalirkan Udara menuju Filter-01 menuju FU-02 | Mengalirkan Udara FU-02 menuju R-02 | Mengalirkan campuran Gliserol dan Air keluaran Separator-01 menuju Cooler-04 | Mengalirkan asam akrilat akrolein dan udara menuju SEP-02 |
| <b>Jenis</b>           | <i>Centrifugal</i>                              | <i>Centrifugal</i>                  | <i>Centrifugal</i>                                                           | <i>Centrifugal</i>                                        |
| <b>Kapasitas</b>       | 5.905 m <sup>3</sup> /jam                       | 3.722 m <sup>3</sup> /jam           | 5.121 m <sup>3</sup> /jam                                                    | 5.121 m <sup>3</sup> /jam                                 |
| <b>Kondisi Operasi</b> |                                                 |                                     |                                                                              |                                                           |
| <b>T</b>               | 30 °C                                           | 300 °C                              | 307 °C                                                                       | 307 °C                                                    |
| <b>P</b>               | 1 atm                                           | 3 atm                               | 2 atm                                                                        | 2 atm                                                     |
| <b>Dimensi Pipa:</b>   |                                                 |                                     |                                                                              |                                                           |
| <b>Power</b>           | 0,2 HP                                          | 3 HP                                | 2 HP                                                                         | 3 HP                                                      |

## 2.5.6 Spesifikasi Alat Penukar Panas

Tabel 3.12 Spesifikasi Furnace

| <b>Parameter</b>         | <b>FU-01</b>                               | <b>FU-02</b>                             |
|--------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------|
| Fungsi                   | Menaikan suhu Gliserol sebelum menuju R-01 | Menaikan suhu Oksigen sebelum masuk R-02 |
| Jenis                    | Fire Box Furnace                           | Fire Box Furnace                         |
| Bahan Konstruksi         | <i>Stainless steel 304</i>                 | <i>Stainless steel 304</i>               |
| Jumlah                   | 1 buah                                     | 1 buah                                   |
| <b>Kondisi Operasi:</b>  |                                            |                                          |
| - T Operasi              | 5 atm                                      | 5 atm                                    |
| - Tin                    | 30 °C                                      | 30 °C                                    |
| - Tout                   | 320 °C                                     | 300 °C                                   |
| <b>Dimensi Furnace :</b> |                                            |                                          |
| - Panjang                | 3 m                                        | 3 m                                      |
| - Lebar                  | 0,8 m                                      | 1 m                                      |
| - Tinggi                 | 4,5 m                                      | 6 m                                      |
| - Volume                 | 11 m <sup>3</sup>                          | 19 m <sup>3</sup>                        |
| <b>Dimensi Stack :</b>   |                                            |                                          |
| ID                       | 0,06 m                                     | 0,05 m                                   |
| Tinggi                   | 5 m                                        | 15,7 m                                   |
| <b>Isolasi</b>           |                                            |                                          |
| Bahan Isolasi            | <i>Kaolin Insulating Brick</i>             | <i>Kaolin Insulating Brick</i>           |
| Tebal Isolasi            | 0,02 m                                     | 0,03 m                                   |

Tabel 3 13 Spesifikasi Heater

| Parameter             | HE-02                                             | HE-03                                              |
|-----------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Fungsi                | Menaikkan suhu keluaran SEP-01 sebelum masuk R-02 | Menaikkan suhu keluaran SEP-03 sebelum masuk MD-01 |
| Jenis                 | I Pipe                                            | Double Pipe                                        |
| Bahan Konstruksi      | <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>                | <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>                 |
| Jumlah Hairpin/Tube   | 3 buah                                            | 2 buah                                             |
| <b>Annulus:</b>       |                                                   |                                                    |
| - IPS                 | 10 in                                             | 8 in                                               |
| - Sch.No              | 40                                                | 40                                                 |
| - <i>Surface Area</i> | 2,8140 ft <sup>2</sup> /ft                        | 2,258 ft <sup>2</sup> /ft                          |
| <b>Pipa dalam:</b>    |                                                   |                                                    |
| - IPS                 | 8 in                                              | 6 in                                               |
| - Sch.No              | 40                                                | 40                                                 |
| - <i>Surface Area</i> | 2,258 ft <sup>2</sup> /ft                         | 1,7340 ft <sup>2</sup> /ft                         |
| Luas Transfer Panas   | 72,177 ft <sup>2</sup>                            | 37,463 ft <sup>2</sup>                             |
| Ud                    | 242,2923 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F              | 45,0280 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F                |
| Uc                    | 470,0912 Btu/jam ft <sup>2</sup> .°F              | 50,7398 Btu/jam ft <sup>2</sup> .°F                |
| Rd                    | 0,0020                                            | 0,0025                                             |
| Rd min                | 0,001 – 0,002                                     | 0,001 – 0,002                                      |

Tabel 3 14 Spesifikasi Cooler

| Parameter       | C-03                                  | C-04                                                      | C-05                                        | C-06                                  |
|-----------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------|
| Fungsi          | Menurunkan suhu produk keluaran RB-01 | Menurunkan suhu campuran gliserol dan air keluaran SEP-01 | Menurunkan suhu produk keluaran atas SEP-02 | Menurunkan suhu produk keluaran CD-01 |
| Jenis           | Shell and Tube                        | Shell and Tube                                            | <i>Shell and Tube</i>                       | <i>Shell and Tube</i>                 |
| Bahan           | Carbon Steel SA-283 Grade C           | Carbon Steel SA-283 Grade C                               | <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>          | <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>    |
| Jumlah Tube     | 480 buah                              | 520 buah                                                  | 218 buah                                    | 480 buah                              |
| - BWG           | 8                                     | 8                                                         | 8                                           | 8                                     |
| - OD            | 1 in                                  | 1 in                                                      | 1 in                                        | 1 in                                  |
| - ID            | 0,67 in                               | 0,67 in                                                   | 0,67 in                                     | 0,67 in                               |
| <i>Passes</i>   | 8 ft <sup>2</sup> /ft                 | 6 ft <sup>2</sup> /ft                                     | 6 ft <sup>2</sup> /ft                       | 8 ft <sup>2</sup> /ft                 |
| <b>Shell :</b>  |                                       |                                                           |                                             |                                       |
| - IDs           | 31 in                                 | 21,25 in                                                  | 29 in                                       | 31 in                                 |
| - Baffle        | 18,6 in                               | 12,75 in                                                  | 17,4 in                                     | 18,6 in                               |
| - <i>Passes</i> | 3 ft <sup>2</sup> /ft                 | 3 ft <sup>2</sup> /ft                                     | 3 ft <sup>2</sup> /ft                       | 3 ft <sup>2</sup> /ft                 |

Tabel 3.14.....(lanjutan)

|               |                                          |                                          |                                          |                                         |
|---------------|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Luas Transfer | 188 m <sup>2</sup>                       | 203 m <sup>2</sup>                       | 85 m <sup>2</sup>                        | 188 m <sup>2</sup>                      |
| Panas         |                                          |                                          |                                          |                                         |
| Ud            | 56,5074<br>Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F   | 53,5971<br>Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F   | 73,9897<br>Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F   | 14,1134<br>Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F  |
| Uc            | 9611,8557<br>Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F | 9684,5606<br>Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F | 5970,8341<br>Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F | 117,6037<br>Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F |
| Rd            | 0,0092                                   | 0,0186                                   | 0,0133                                   | 0,0624                                  |
| Rd min        | 0,0010                                   | 0,0010                                   | 0,0010                                   | 0,0010                                  |

Tabel 3.15 Spesifikasi Kondensor

| Parameter             | CD-01                                                |
|-----------------------|------------------------------------------------------|
| Fungsi                | Menguapkan cairan keluaran MD-01 sebagai hasil bawah |
| Jenis                 | <i>Double Pipe</i>                                   |
| Bahan Konstruksi      | <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>                   |
| Jumlah Hairpins       | 1 buah                                               |
| Panjang Hairpins      | 15 ft                                                |
| <b>Inner pipe :</b>   |                                                      |
| - IPS                 | 2 in                                                 |
| - Sch.No              | 40                                                   |
| - <i>Surface Area</i> | 0,9170 ft <sup>2</sup> /ft                           |
| <b>Annulus :</b>      |                                                      |
| - IPS                 | 3 in                                                 |
| - Sch.No              | 40                                                   |

Tabel 3.15..... (lanjutan)

|        |                     |                                     |
|--------|---------------------|-------------------------------------|
| -      | <i>Surface Area</i> | 0,6220 ft <sup>2</sup> /ft          |
| A      |                     | 3,612 ft <sup>2</sup>               |
| Ud     |                     | 4,5666 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F  |
| Uc     |                     | 44,7807 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F |
| Rd     |                     | 0,1966                              |
| Rd min |                     | 0,002                               |

| Parameter       | CD-02                                      | CD-03                                      |
|-----------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Fungsi          | Menurunkan temperatur produk keluaran R-01 | Menurunkan temperatur produk keluaran R-02 |
| Jenis           | <i>Shell and Tube</i>                      | <i>Shell and Tube</i>                      |
| Bahan           | <i>Carbon Steel SA-283</i>                 | <i>Carbon Steel SA-283</i>                 |
| Konstruksi      | <i>Grade C</i>                             | <i>Grade C</i>                             |
| Jumlah Tube     | 822 buah                                   | 1200 buah                                  |
| <b>Tube :</b>   |                                            |                                            |
| - BWG           | 16                                         | 8                                          |
| - OD            | 0,75 in                                    | 1 in                                       |
| - ID            | 0,62 in <sup>2</sup>                       | 0,67 in <sup>2</sup>                       |
| - <i>passes</i> | 4 ft <sup>2</sup> /ft                      | 6 ft <sup>2</sup> /ft                      |
| <b>Shell :</b>  |                                            |                                            |
| IDs             | 33 in                                      | 39 in                                      |
| <i>baffle</i>   | 19,8 in <sup>2</sup>                       | 19,8 in <sup>2</sup>                       |
| <i>passes</i>   | 2 ft <sup>2</sup> /ft                      | 3 ft <sup>2</sup> /ft                      |

Tabel 3.15.....(lanjutan)

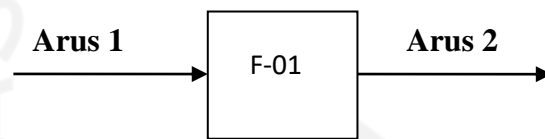
|               |                             |                             |
|---------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Luas Transfer | 198 m <sup>2</sup>          | 469 m <sup>2</sup>          |
| Panas         |                             |                             |
| Ud            | 80,6363                     | 44,2090                     |
|               | Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F | Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F |
| Uc            | 65,6482                     | 178,3105                    |
|               | Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F | Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F |
| Rd            | 0,0028                      | 0,0170                      |
| Rd min        | 0,0010                      | 0,0010                      |

Tabel 3 16 Spesifikasi Reboiler

| Parameter             | RB-01                                               |
|-----------------------|-----------------------------------------------------|
| Fungsi                | Menguapkan cairan keluaran MD-01 sebagai hasil atas |
| Jenis                 | <i>Double Pipe</i>                                  |
| Bahan Konstruksi      | <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>                  |
| Jumlah Hairpins       | 1 buah                                              |
| Panjang Hairpins      | 15 ft                                               |
| <b>Inner pipe :</b>   |                                                     |
| - IPS                 | 2 in                                                |
| - Sch.Number          | 40                                                  |
| - Surface Area        | 0,9170 ft <sup>2</sup> /ft                          |
| <b>Annulus :</b>      |                                                     |
| - IPS                 | 3 in                                                |
| - Sch.Number          | 40                                                  |
| - <i>Surface Area</i> | 0,6220 ft <sup>2</sup> /ft                          |
| A                     | 4,392 ft <sup>2</sup>                               |

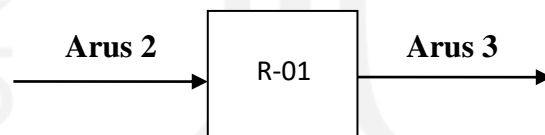
|        |                                      |
|--------|--------------------------------------|
| Ud     | 36,7943 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F  |
| Uc     | 141,6557 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F |
| Rd     | 0,0201                               |
| Rd min | 0,002                                |

## 2.6 Neraca Massa



Tabel 3 17 Neraca Massa Furnace (F-01)

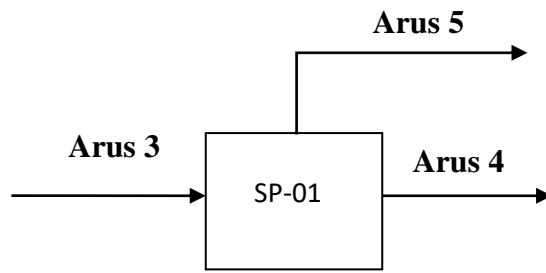
| No.          | Komponen | Rumus Molekul                                | Input (kg/jam) |        | Output (kg/jam) |        |
|--------------|----------|----------------------------------------------|----------------|--------|-----------------|--------|
|              |          |                                              | Arus 1         | Arus 2 | Arus 1          | Arus 2 |
| 1            | Air      | H <sub>2</sub> O                             | 23             |        | 23              |        |
| 2            | Gliserol | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub> | 23.247         |        | 23.247          |        |
| <b>Total</b> |          |                                              | <b>23.269</b>  |        | <b>23.269</b>   |        |



Tabel 3 18 Neraca Massa Reaktor (R-01)

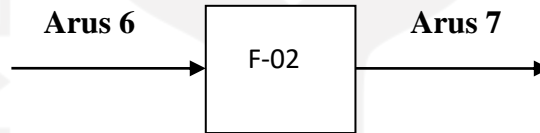
| No.          | Komponen | Rumus Molekul                                | Input (kg/jam) |        | Output (kg/jam) |        |
|--------------|----------|----------------------------------------------|----------------|--------|-----------------|--------|
|              |          |                                              | Arus 2         | Arus 3 | Arus 2          | Arus 3 |
| 1            | Akrolein | C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O              | 0              |        | 13.924          |        |
| 2            | Air      | H <sub>2</sub> O                             | 23             |        | 8.974           |        |
| 3            | Gliserol | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub> | 23.247         |        | 372             |        |
| <b>Total</b> |          |                                              | <b>23.269</b>  |        | <b>23.269</b>   |        |





Tabel 3.19. Neraca Massa Separator (SP-01)

| No           | Komponen | Rumus Molekul                                | Input         | Output (kg/jam) |        |
|--------------|----------|----------------------------------------------|---------------|-----------------|--------|
|              |          |                                              | (kg/jam)      | Arus 4          | Arus 5 |
|              |          |                                              | Arus 3        |                 |        |
| 1            | Akrolein | C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O              | 13.924        | 11.676          | 2.247  |
| 2            | Air      | H <sub>2</sub> O                             | 8.974         | 5.456           | 3.517  |
| 3            | Gliserol | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub> | 372           | 0               | 372    |
| <b>Total</b> |          |                                              | <b>23.269</b> | <b>23.269</b>   |        |



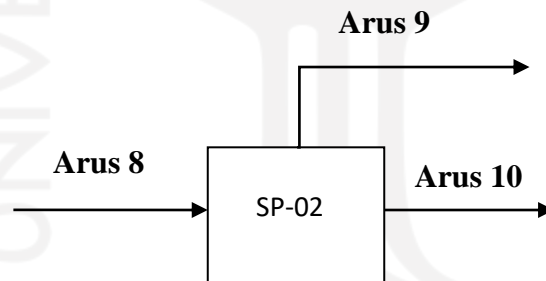
Tabel 3.20. Neraca Massa Furnace (F-02)

| No.          | Komponen | Rumus Molekul  | Input (kg/jam) | Output (kg/jam) |
|--------------|----------|----------------|----------------|-----------------|
|              |          |                | Arus 6         | Arus 7          |
| 1            | Nitrogen | N <sub>2</sub> | 39.285         | 39.285          |
| 2            | Oksigen  | O <sub>2</sub> | 11.935         | 11.935          |
| <b>Total</b> |          |                | <b>51.219</b>  | <b>51.219</b>   |



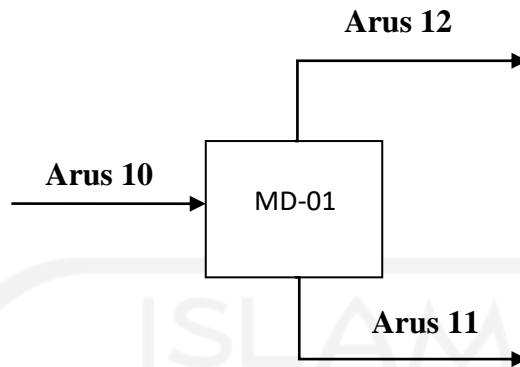
Tabel 3.21. Neraca Massa Reaktor (R-02)

| No.          | Komponen     | Rumus Molekul                                | Input (kg/jam) |        | Output (kg/jam) |
|--------------|--------------|----------------------------------------------|----------------|--------|-----------------|
|              |              |                                              | Arus 4         | Arus 7 | Arus 8          |
| 1            | Nitrogen     | N <sub>2</sub>                               | 0              | 39.285 | 39.285          |
| 2            | Oksigen      | O <sub>2</sub>                               | 0              | 11.935 | 8.020           |
| 3            | Akrolein     | C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O              | 13.924         | 0      | 223             |
| 4            | Air          | H <sub>2</sub> O                             | 5.456          |        | 5.456           |
| 5            | Asam Akrilat | C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> | 0              | 0      | 17.615          |
| <b>Total</b> |              |                                              | <b>70.599</b>  |        | <b>70.599</b>   |



Tabel 3.22. Neraca Massa Separator (SP-02)

| No.          | Komponen     | Rumus Molekul                                | Input (kg/jam) | Output (kg/jam) |         |
|--------------|--------------|----------------------------------------------|----------------|-----------------|---------|
|              |              |                                              | Arus 8         | Arus 9          | Arus 10 |
| 1            | Nitrogen     | N <sub>2</sub>                               | 39.285         | 39.285          | 0       |
| 2            | Oksigen      | O <sub>2</sub>                               | 8.020          | 8.020           | 0       |
| 3            | Akrolein     | C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O              | 223            | 0               | 223     |
| 4            | Air          | H <sub>2</sub> O                             | 5.456          | 0               | 5.456   |
| 5            | Asam Akrilat | C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> | 17.615         | 0               | 17.615  |
| <b>Total</b> |              |                                              | <b>64.711</b>  | <b>64.711</b>   |         |



Tabel 3.23. Neraca Massa Menara Distilasi (MD-01)

| No.          | Komponen      | Rumus Molekul                                | Input               | Output (kg/jam) |         |
|--------------|---------------|----------------------------------------------|---------------------|-----------------|---------|
|              |               |                                              | (kg/jam)<br>Arus 10 | Arus 11         | Arus 12 |
| 1            | Akrolein      | C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O              | 223                 | 0               | 223     |
| 2            | Air           | H <sub>2</sub> O                             | 5.456               | 76              | 5.380   |
| 3            | Asam Akriolat | C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> | 17.615              | 15.076          | 2.540   |
| <b>Total</b> |               |                                              | <b>23.294</b>       | <b>23.294</b>   |         |

## 2.7 Neraca Panas

Tabel 3.24. Neraca Panas Furnace (F-01)

| Komponen                                                                        | Input                               | Output                              |
|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|                                                                                 | $\Delta H_{in}$<br>kJ/jam           | $\Delta H_{out}$<br>kJ/jam          |
| $Q_{in}$ (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub> & H <sub>2</sub> O)      | $3,3 \times 10^{-7}$                |                                     |
| $Q_{out}$ (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub> & H <sub>2</sub> O)     |                                     | $0,1 \times 10^8$                   |
| $Q_{pemanas}$ (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub> & H <sub>2</sub> O) | $0,1 \times 10^8$                   |                                     |
| <b>Total</b>                                                                    | <b><math>0,1 \times 10^8</math></b> | <b><math>0,1 \times 10^8</math></b> |

Tabel 3.25. Neraca Panas Reaktor (R-01)

| Komponen                                           | Input                               | Output                              |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|                                                    | $\Delta H_{in}$                     | $\Delta H_{out}$                    |
|                                                    | <b>kJ/jam</b>                       | <b>kJ/jam</b>                       |
| $Q_{in}$ ( $C_3H_8O_3$ & $H_2O$ )                  | $0,1 \times 10^8$                   |                                     |
| $Q_{out}$ ( $C_3H_8O_3$ , $H_2O$ , dan $C_3H_4O$ ) |                                     | $0,1 \times 10^8$                   |
| $Q_R$ ( $C_3H_8O_3$ , $H_2O$ , dan $C_3H_4O$ )     | $4,5 \times 10^3$                   |                                     |
| $Q_P$ ( $C_3H_8O_3$ , $H_2O$ , dan $C_3H_4O$ )     | $0,5 \times 10^6$                   |                                     |
| <b>Total</b>                                       | <b><math>0,1 \times 10^8</math></b> | <b><math>0,1 \times 10^8</math></b> |

Tabel 3.26. Neraca Panas Separator (SP-01)

| Komponen                                                 | Input                               | Output                              |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|                                                          | $\Delta H_{in}$                     | $\Delta H_{out}$                    |
|                                                          | <b>kJ/jam</b>                       | <b>kJ/jam</b>                       |
| $Q_{in}$ ( $C_3H_8O_3$ , $H_2O$ , dan $C_3H_4O$ )        | <b><math>0,1 \times 10^8</math></b> |                                     |
| $Q_{out(gas)}$ ( $H_2O$ , dan $C_3H_4O$ )                |                                     | <b><math>0,1 \times 10^8</math></b> |
| $Q_{out(cair)}$ ( $C_3H_8O_3$ , $H_2O$ , dan $C_3H_4O$ ) |                                     | $0,9 \times 10^7$                   |
| <b>Total</b>                                             | <b><math>0,1 \times 10^8</math></b> | <b><math>0,1 \times 10^8</math></b> |

Tabel 3.27. Neraca Panas Furnace (F-02)

| Komponen                          | Input                               | Output                              |
|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|                                   | $\Delta H_{in}$                     | $\Delta H_{out}$                    |
|                                   | <b>kJ/jam</b>                       | <b>kJ/jam</b>                       |
| $Q_{in}$ ( $O_2$ dan $N_2$ )      | $0,2 \times 10^6$                   |                                     |
| $Q_{out}$ ( $O_2$ dan $N_2$ )     |                                     | $0,1 \times 10^8$                   |
| $Q_{pemanas}$ ( $O_2$ dan $N_2$ ) | $0,1 \times 10^8$                   |                                     |
| <b>Total</b>                      | <b><math>0,1 \times 10^8</math></b> | <b><math>0,1 \times 10^8</math></b> |

Tabel 3 28 Neraca Panas Reaktor (R-02)

| Komponen                                                                                                                                         | Input                               | Output                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|                                                                                                                                                  | $\Delta H_{in}$                     | $\Delta H_{out}$                    |
|                                                                                                                                                  | kJ/jam                              | kJ/jam                              |
| $Q_{in}$ (C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O, H <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub> dan N <sub>2</sub> )                                                 | $0,2 \times 10^8$                   |                                     |
| $Q_{out}$ (C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O, C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub> dan N <sub>2</sub> ) |                                     | $0,2 \times 10^8$                   |
| $Q_R$ (C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O, C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub> dan N <sub>2</sub> )     |                                     | $0,6 \times 10^5$                   |
| $Q_P$ (C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O, C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub> dan N <sub>2</sub> )     | $0,6 \times 10^5$                   |                                     |
| <b>Total</b>                                                                                                                                     | <b><math>0,2 \times 10^8</math></b> | <b><math>0,2 \times 10^8</math></b> |

Tabel 3 29 Neraca Panas Separator (SP-02)

| Komponen                                                                                                                                        | Input                               | Output                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|                                                                                                                                                 | $\Delta H_{in}$                     | $\Delta H_{out}$                    |
|                                                                                                                                                 | kJ/jam                              | kJ/jam                              |
| $Q_{in}$ (C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O, C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub> dan N <sub>2</sub> ) | $0,2 \times 10^7$                   |                                     |
| $Q_{out(gas)}$ (O <sub>2</sub> dan N <sub>2</sub> )                                                                                             |                                     | $0,1 \times 10^7$                   |
| $Q_{out(cair)}$ (C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O, C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O)                              |                                     | $0,9 \times 10^7$                   |
| <b>Total</b>                                                                                                                                    | <b><math>0,2 \times 10^7</math></b> | <b><math>0,2 \times 10^7</math></b> |

Tabel 3 30 Neraca Panas Menara Distilasi (MD-01)

| Komponen                                                                                                           | Input                               | Output                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|                                                                                                                    | $\Delta H_{in}$                     | $\Delta H_{out}$                    |
|                                                                                                                    | kJ/jam                              | kJ/jam                              |
| $Q_{in}$ (C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O, H <sub>2</sub> O, dan C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> )    | $0,3 \times 10^7$                   |                                     |
| Q distilat (C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O, H <sub>2</sub> O dan C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> )   |                                     | $0,3 \times 10^7$                   |
| Q condensor (C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O, H <sub>2</sub> O, dan C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> ) | $0,1 \times 10^8$                   |                                     |
| Q bottom (C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O, H <sub>2</sub> O, dan C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> )    |                                     | $0,7 \times 10^7$                   |
| Q reboiler (C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O dan C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> )                     |                                     | $0,1 \times 10^8$                   |
| <b>Total</b>                                                                                                       | <b><math>0,3 \times 10^7</math></b> | <b><math>0,3 \times 10^7</math></b> |

Tabel 3.31. Neraca Panas Kondensor

| Komponen                                                                                                     | Input                               | Output                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|                                                                                                              | $\Delta H_{in}$ (kJ/jam)            | $\Delta H_{out}$ (kJ/jam)           |
| $Q_{in}$ (C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O, H <sub>2</sub> O, C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> )  | $0,4 \times 10^4$                   |                                     |
| $Q_{out}$ (C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O, H <sub>2</sub> O, C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> ) |                                     | $0,1 \times 10^4$                   |
| $Q_{pendingin}$                                                                                              |                                     | $0,3 \times 10^4$                   |
| <b>Total</b>                                                                                                 | <b><math>0,4 \times 10^4</math></b> | <b><math>0,4 \times 10^4</math></b> |

Tabel 3.32. Neraca Panas Reboiler

| Komponen                                                                                                     | Input                               | Output                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|                                                                                                              | $\Delta H_{in}$ (kJ/jam)            | $\Delta H_{out}$ (kJ/jam)           |
| $Q_{in}$ (C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O, H <sub>2</sub> O, C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> )  | $0,1 \times 10^5$                   |                                     |
| $Q_{out}$ (C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O, H <sub>2</sub> O, C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> ) |                                     | $0,3 \times 10^5$                   |
| $Q_{steam}$                                                                                                  | $0,2 \times 10^5$                   |                                     |
| <b>Total</b>                                                                                                 | <b><math>0,3 \times 10^5</math></b> | <b><math>0,3 \times 10^5</math></b> |

Tabel 3.333. Neraca Panas Heater (H-02)

| Komponen                                    | Input                               | Output                              |
|---------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|                                             | $\Delta H_{in}$ (kJ/jam)            | $\Delta H_{out}$ (kJ/jam)           |
| $Q_{in}$ (C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O)  | $0,2 \times 10^7$                   |                                     |
| $Q_{out}$ (C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O) |                                     | $0,7 \times 10^7$                   |
| $Q_{steam}$                                 | $0,5 \times 10^7$                   |                                     |
| <b>Total</b>                                | <b><math>0,7 \times 10^7</math></b> | <b><math>0,7 \times 10^7</math></b> |

Tabel 3.344. Neraca Panas Heater (H-03)

| Komponen                                                                                                     | Input                               | Output                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|                                                                                                              | $\Delta H_{in}$ (kJ/jam)            | $\Delta H_{out}$ (kJ/jam)           |
| $Q_{in}$ (C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O, H <sub>2</sub> O, C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> )  | $0,1 \times 10^5$                   |                                     |
| $Q_{out}$ (C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O, H <sub>2</sub> O, C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> ) |                                     | $0,1 \times 10^6$                   |
| $Q_{steam}$                                                                                                  | $0,1 \times 10^6$                   |                                     |
| <b>Total</b>                                                                                                 | <b><math>0,1 \times 10^6</math></b> | <b><math>0,1 \times 10^6</math></b> |

Tabel 3.355. Neraca Panas Kondensor (CD-02)

| Komponen                                                                                                         | Input                               | Output                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|                                                                                                                  | $\Delta H_{in}$ (kJ/jam)            | $\Delta H_{out}$ (kJ/jam)           |
| $Q_{in}$ (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O, dan C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O)  | $2,4 \times 10^7$                   |                                     |
| $Q_{out}$ (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O, dan C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O) |                                     | $4,5 \times 10^6$                   |
| $Q_{pendingin}$                                                                                                  |                                     | $1,9 \times 10^7$                   |
| <b>Total</b>                                                                                                     | <b><math>2,4 \times 10^7</math></b> | <b><math>2,4 \times 10^7</math></b> |

Tabel 3.366. Neraca Panas Kondensor (CD-03)

| Komponen                                                                                                                       | Input                               | Output                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|                                                                                                                                | $\Delta H_{in}$ (kJ/jam)            | $\Delta H_{out}$ (kJ/jam)           |
| $Q_{in}$ (C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O, C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> dan N <sub>2</sub> )  | $2,0 \times 10^7$                   |                                     |
| $Q_{out}$ (C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O, C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> dan N <sub>2</sub> ) |                                     | $1,7 \times 10^6$                   |
| $Q_{pendingin}$                                                                                                                |                                     | $1,9 \times 10^7$                   |
| <b>Total</b>                                                                                                                   | <b><math>2,0 \times 10^7</math></b> | <b><math>2,0 \times 10^7</math></b> |

Tabel 3.377. Neraca Panas Cooler (CL-03)

| <b>Komponen</b>                                                                               | <b>Input</b><br>$\Delta H_{in}$ kJ/jam | <b>Output</b><br>$\Delta H_{out}$   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|
| $Q_{in}$ (C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O dan C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> )  | $5,0 \times 10^6$                      |                                     |
| $Q_{out}$ (C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O dan C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> ) |                                        | $1,4 \times 10^5$                   |
| $Q_{pendingin}$                                                                               |                                        | $4,9 \times 10^6$                   |
| <b>Total</b>                                                                                  | <b><math>5,0 \times 10^6</math></b>    | <b><math>5,0 \times 10^6</math></b> |

Tabel 3.388. Neraca Panas Cooler (CL-04)

| <b>Komponen</b>                                                               | <b>Input</b><br>$\Delta H_{in}$ (kJ/jam) | <b>Output</b><br>$\Delta H_{out}$ (kJ/jam) |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------|
| $Q_{in}$ (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub> dan H <sub>2</sub> O)  | $2,5 \times 10^6$                        |                                            |
| $Q_{out}$ (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub> dan H <sub>2</sub> O) |                                          | $1,9 \times 10^5$                          |
| $Q_{pendingin}$                                                               |                                          | $2,3 \times 10^6$                          |
| <b>Total</b>                                                                  | <b><math>2,5 \times 10^6</math></b>      | <b><math>2,5 \times 10^6</math></b>        |

Tabel 3.39. Neraca Panas Cooler (CL-05)

| <b>Komponen</b>                                | <b>Input</b><br>$\Delta H_{in}$ (kJ/jam) | <b>Output</b><br>$\Delta H_{out}$ (kJ/jam) |
|------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------|
| $Q_{in}$ (O <sub>2</sub> dan N <sub>2</sub> )  | $1,3 \times 10^6$                        |                                            |
| $Q_{out}$ (O <sub>2</sub> dan N <sub>2</sub> ) |                                          | $4,8 \times 10^5$                          |
| $Q_{pendingin}$                                |                                          | $1,3 \times 10^6$                          |
| <b>Total</b>                                   | <b><math>1,3 \times 10^6</math></b>      | <b><math>1,3 \times 10^6</math></b>        |



Tabel 3.390. Neraca Panas Cooler (CL-06)

| <b>Komponen</b>                             | <b>Input</b>                        | <b>Output</b>                       |
|---------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|                                             | $\Delta H_{in}$ (kJ/jam)            | $\Delta H_{out}$ (kJ/jam)           |
| $Q_{in}$ (C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O)  | $4,6 \times 10^5$                   |                                     |
| $Q_{out}$ (C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O) |                                     | $2,3 \times 10^4$                   |
| $Q_{pendingin}$                             |                                     | $4,4 \times 10^5$                   |
| <b>Total</b>                                | <b><math>4,6 \times 10^5</math></b> | <b><math>4,6 \times 10^5</math></b> |



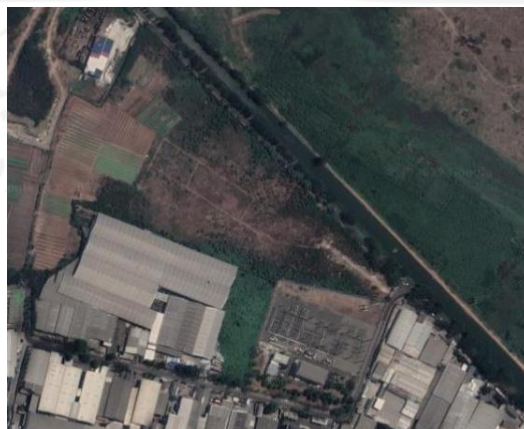
## BAB IV

### PERANCANGAN PABRIK

#### 3.1 Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi berdirinya suatu pabrik merupakan salah satu aspek penting yang harus diperhatikan dalam merancang pabrik. Secara geografis, penentuan lokasi pabrik sangat menentukan kemajuan serta kelangsungan dari suatu industri kini dan pada masa yang akan datang karena berpengaruh terhadap faktor produksi dan distribusi dari pabrik yang didirikan. Pemilihan lokasi pabrik harus tepat berdasarkan perhitungan biaya produksi dan distribusi yang seminimal mungkin serta pertimbangan sosiologi dan budaya masyarakat di sekitar lokasi pabrik.

Dalam perancangan pabrik asam akrilat dari gliserol dengan kapasitas 120.000 ton/tahun ini direncanakan akan didirikan di kawasan industri Tangerang, Banten. Dengan lokasi pendirian dapat dilihat dari Gambar 4.1



Gambar 4.1 Kawasan Industri Tangerang

Dalam pra-rancangan pabrik asam akrilat dari gliserol yang didirikan di sekitar Kawasan Industri Tangerang, Banten ini meninjau dari beberapa pertimbangan sebagai berikut :

### **3.1.1 Faktor Primer**

Faktor primer merupakan faktor yang secara langsung mempengaruhi tujuan utama dari usaha pabrik yang meliputi proses produksi dan distribusi, berikut faktor-faktor primer yang berpengaruh secara langsung dalam pemilihan lokasi pabrik.

#### **a. Persediaan Bahan Baku**

Lokasi pabrik sebaiknya dekat dengan penyediaan bahan baku dan pemasaran produk untuk menghemat biaya transportasi. Bahan baku pabrik asam akrilat yang didirikan ini seperti gliserol yang akan diperoleh dari PT. Cisadane Raya Chemical, serta air diperoleh dari air sungai yang telah diproses lokasinya tidak jauh dari pabrik.

#### **b. Pemasaran Produk**

Pemasaran merupakan salah satu hal yang sangat mempengaruhi studi kelayakan proses. Dengan pemasaran yang tepat akan menghasilkan keuntungan dan menjamin kelangsungan proyek, asam akrilat yang dihasilkan, dan dapat dipasarkan untuk bahan baku beberapa industri, seperti PT. Indah Kiat Pulp & Paper, PT. Pindo Deli Pulp and Paper Mill, PT. Sarana Karya Sahabat, PT Aneka Mitra Gemilang, PT. Sinergi Adi Mitra Jaya dan PT. Anugrah Trimulia Tekstil yang menggunakan asam akrilat sebagai bahan bakunya.

### **c. Penyediaan Utilitas**

Utilitas yang diperlukan adalah pembangkit listrik, unit penyediaan bahan bakar, unit pembangkit *steam*, unit pengadaan dan pengolahan air, unit pengadaan *dowtherm*. Kebutuhan listrik diperoleh dari PLTU Lontar, Tangerang dan PT. PLN.

### **d. Transportasi**

Sarana transportasi di kawasan industri Tangerang, Banten ini dapat dibidang sangat memadai karena memiliki berbagai jalur lalu lintas darat serta ketersediaan jalur untuk sarana transportasi yang cukup besar untuk menyuplai bahan baku atau mengirimkan produk dalam jumlah banyak. Daerah ini juga dekat dengan pelabuhan bertaraf internasional, yaitu Pelabuhan Pakuhaji yang nantinya akan digunakan sebagai tempat mengirimkan produk ke dalam ataupun luar negeri.

### **e. Tenaga Kerja**

Sumber daya manusia sebagai sumber tenaga kerja yang ada di sekitar lingkungan atau kawasan pabrik merupakan hal yang penting yang harus diperhatikan. Keberadaan sumber daya manusia di kawasan tersebut diharapkan cukup banyak serta berkualitas tinggi, agar dapat mengoperasikan proses didalam atau diluar pabrik secara optimal. Berdasarkan data yang dirilis oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Banten, tingkat pengangguran terbuka (TPT) di Banten per Agustus mencapai 10,64% atau sebanyak 661.000 orang. Angka tersebut meningkat 2,53% atau bertambah sebanyak 171.000 orang dibandingkan dengan

Agustus 2019 (Redaksi, 2020). Dengan adanya pabrik berlokasi di Tangerang, Banten ini diharapkan tingkat pengangguran terbuka dapat menurun dengan adanya lapangan pekerjaan yang tersedia.

### **3.1.2 Faktor Sekunder**

Faktor sekunder tidak secara langsung berperan dalam proses operasional pabrik, akan tetapi berpengaruh dalam kelancaran proses operasional dari pabrik itu sendiri. Berikut faktor- faktor sekunder dalam pemilihan lokasi pabrik:

#### **a. Kebijakan Pemerintah**

Pendirian suatu pabrik perlu mempertimbangkan faktor kebijakan pemerintah yang terkait didalamnya. Kawasan yang dipilih merupakan kawasan industri sehingga pembangunan dan pengembangan di daerah tersebut tidak bertentangan dengan kebijakan pemerintah.

#### **b. Lingkungan Masyarakat Sekitar**

Sikap masyarakat sekitar cukup terbuka dengan berdirinya pabrik asam akrilat, hal ini disebabkan akan terjadi peningkatan kesejahteraan masyarakat karena akan tersedianya lapangan pekerjaan baru bagi mereka. Selain itu pendirian pabrik ini tidak akan mengganggu keselamatan dan keamanan masyarakat di sekitarnya karena dampak dan faktor-faktornya sudah dipertimbangkan sebelum pabrik berdiri.

### **c. Sarana dan Prasarana sosial**

Sarana dan prasarana harus tersedia seperti jalan, transportasi, tempat ibadah, sarana pendidikan, rumah sakit, bank, hiburan, perumahan, serta adanya penyediaan bengkel industri sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup.

### **3.2 Tata Letak Pabrik**

Tata letak pabrik adalah suatu perencanaan dan perintegrasian 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 (*are 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 memenuhi syarat,
- g. Fleksibilitas dalam perencanaan 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.

Adapun perincian luas tanah sebagai bangunan pabrik dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 4.1. Luas tata letak pabrik Asam Akrilat**

| Lokasi                     | Panjang, m | Lebar, m | Luas m <sup>2</sup> |
|----------------------------|------------|----------|---------------------|
| Kantor Utama               | 40         | 30       | 1.200               |
| Pos Keamanan/Satpam        | 5          | 5        | 25                  |
| Mess                       | 45         | 35       | 1.575               |
| Parkir Tamu                | 12         | 22       | 264                 |
| Parkir Truk                | 40         | 12       | 480                 |
| Ruang Timbang Truk         | 12         | 6        | 72                  |
| Kantor Teknik dan Produksi | 20         | 14       | 280                 |
| Klinik                     | 12         | 10       | 120                 |
| Masjid                     | 10         | 15       | 150                 |
| Kantin                     | 15         | 10       | 150                 |
| Bengkel                    | 15         | 20       | 300                 |
| Unit pemadam kebakaran     | 16         | 14       | 224                 |

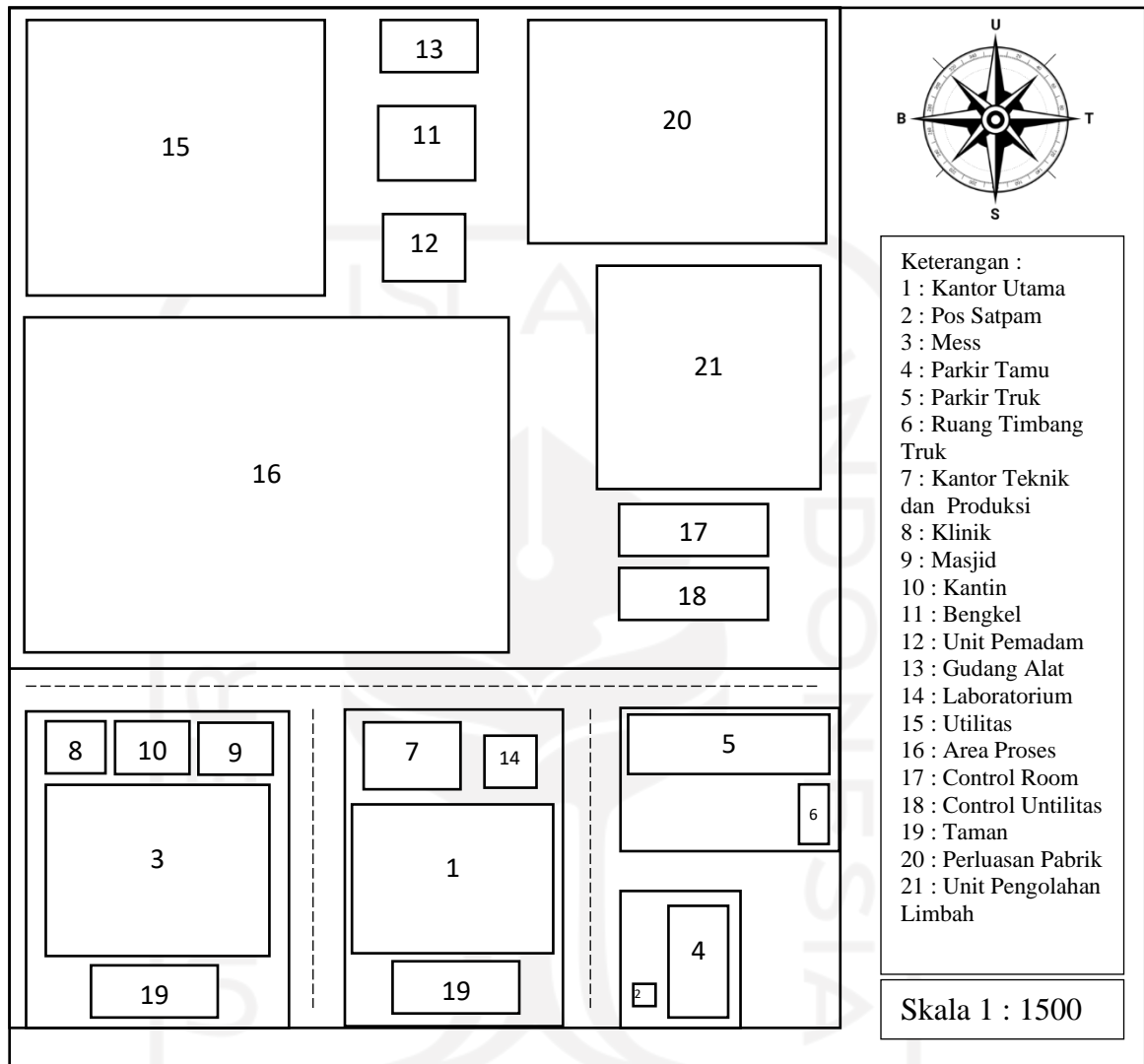
Tabel 4.1.....(lanjutan)

|                        |    |    |        |
|------------------------|----|----|--------|
| Gudang alat            | 10 | 20 | 200    |
| Laboratorium           | 10 | 10 | 100    |
| Utilitas               | 56 | 60 | 3.360  |
| Area proses            | 68 | 98 | 6.664  |
| Control room           | 30 | 10 | 300    |
| Control utilitas       | 30 | 10 | 300    |
| Taman                  | 20 | 10 | 200    |
| Perluasan pabrik       | 45 | 60 | 2.700  |
| Unit Pengolahan Limbah | 50 | 50 | 2.500  |
| Jalan                  |    |    | 13.925 |
| Luas Tanah             |    |    | 35.089 |
| Luas Bangunan          |    |    | 15.764 |

Tata letak pabrik secara keseluruhan tersaji dalam gambar 4.2 :



Gambar 4.2. Tata Letak Pabrik Asam Akrilat



Keterangan Gambar :

- |                        |                            |
|------------------------|----------------------------|
| 1. Kantor Utama        | 11. Bengkel                |
| 2. Pos Keamanan/Satpam | 12. Unit Pemadam Kebakaran |
| 3. Mess                | 13. Gudang Alat            |
| 4. Parkir Tamu         | 14. Laboratorium           |
| 5. Parkir Truk         | 15. Utilitas               |

- |                               |                            |
|-------------------------------|----------------------------|
| 6. Ruang Timbang Truk         | 16. Area Proses            |
| 7. Kantor Teknik dan Produksi | 17. Control Room           |
| 8. Klinik                     | 18. Control Utilitas       |
| 9. Masjid                     | 19. Taman                  |
| 10. Kantin                    | 20. Perluasan Pabrik       |
|                               | 21. Unit Pengolahan Limbah |

#### 4.2 Tata Letak Alat Proses

Konstruksi yang ekonomis dan operasi yang efisien dari suatu unit proses akan tergantung kepada bagaimana peralatan proses itu disusun. Faktor-faktor yang dipertimbangkan dalam penyusunan tata letak alat proses adalah :

##### a. Aliran Bahan Baku dan Produk

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

##### b. Aliran Udara

Aliran udara didalam 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 agar dapat menjaga keselamatan

para tenaga kerja yang bekerja di ketinggian dan agar gas buangan pabrik tidak mengarah ke area perumahan warga.

**c. Pencerahan**

Penerangan pada seluruh pabrik harus memadai dan sesuai standar pabrik, terpenting pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau berisiko tinggi perlu dijaga agar tidak terjadi ledakan atau percikan pada penerangan di tempat-tempat proses tersebut berlangsung hal ini bertujuan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan dalam pabrik.

**d. Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan**

Dalam hal tata letak peralatan perlu diperhatikan agar para pekerja dapat menuju dan mencapai keseluruhan tempat alat proses dengan cepat dan mudah. Jika terjadi gangguan alat proses maka harus cepat dan tanggap untuk diperbaiki agar tidak terlalu mengganggu proses produksi yang sedang berjalan, selain itu keamanan para pekerja selama bertugas perlu diprioritaskan.

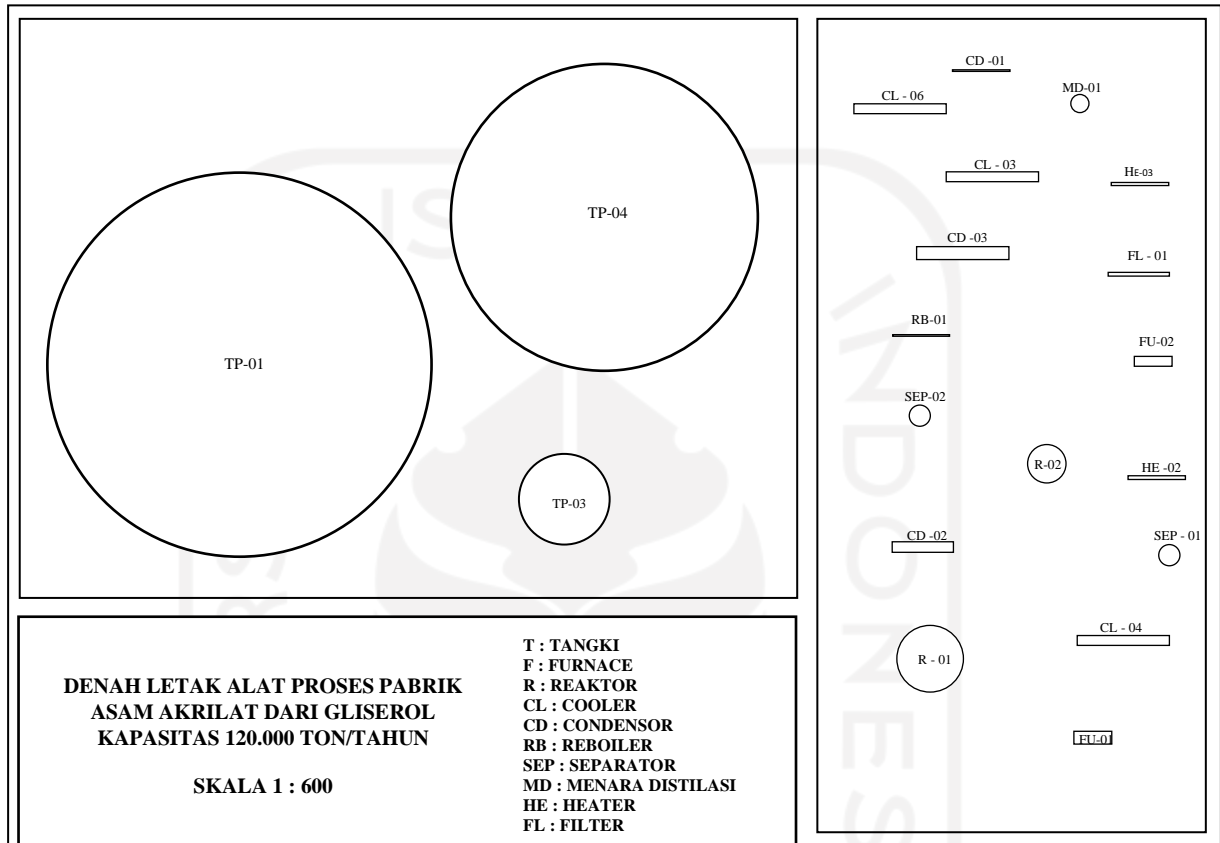
**e. Pertimbangan Ekonomi**

Biaya produksi diminimalisasi dengan cara menempatkan peralatan sedemikian rupa sehingga alat transportasi yang digunakan lebih efisien akan tetapi tetap mengedepankan keamanan produksi.

**f. Jarak antar alat proses**

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

proses lainnya. Adapun gambar tata letak proses pabrik asam akrilat tersaji dalam Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Tata letak alat proses

## 4.3 Organisasi Perusahaan

### 3.2.1 Bentuk Perusahaan

Dalam menjalankan Pabrik *Asam akrilat* dari *Gliserol* ini diperlukan manajemen yang baik, maka dari itu diperlukan suatu struktur organisasi yang baik dan terstruktur sehingga tanggungjawab dan pembagian tugas jelas dan berjalan dengan baik. Pabrik dengan kapasitas 120.000 ton/tahun yang akan didirikan ini direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas (PT) merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut mengambil bagian

sebanyak satu saham atau lebih. Dalam Perseroan Terbatas (PT) pemegang saham hanya bertanggungjawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap saham. Berikut merupakan alasan dipilihnya bentuk perusahaan (PT), yaitu:

- a. Mudah mendapatkan modal yaitu dengan menjual saham perusahaan.
- b. Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.
- c. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh berhentinya pemegang saham, direksi beserta stafnya atau karyawan perusahaan.
- d. Efisiensi dari manajemen para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur yang cukup cakap dan berpengalaman.
- e. Lapangan usaha lebih luas karena suatu perseroan terbatas dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga dengan modal ini PT dapat memperluas usaha.
- f. Pemilik dan pengurus perusahaan merupakan orang-orang yang berbeda satu sama lain, pemilik perusahaan yaitu para pemegang saham dan pengurus perusahaan yaitu direksi beserta staffnya yang diawasi oleh dewan komisaris.

Adapun ciri-ciri Perseroan Terbatan (PT) adalah:

- a. Perusahaan didirikan dengan akta notaris berdasarkan kitab undang undang hukum dagang.

- b. Pemilik perusahaan adalah pemilik pemegang saham.
- c. Biasanya modal ditentukan dalam akta pendirian dan terdiri dari saham-saham.
- d. Perusahaan dipimpin oleh direksi yang dipilih oleh para pemegang saham.
- e. Pembinaan personalia sepenuhnya diserahkan kepada direksi dengan memperhatikan undang-undang perburuhan.

#### **4.4.2 Struktur Organisasi**

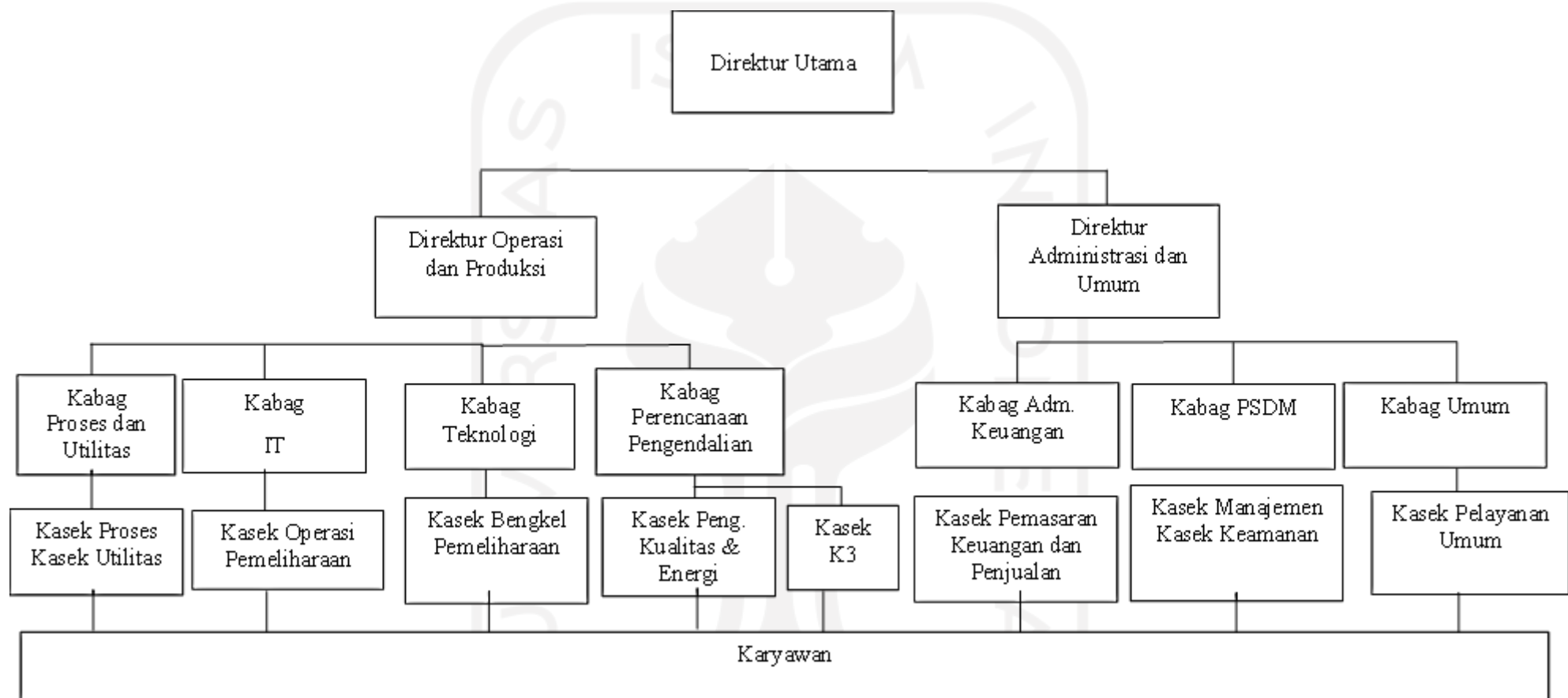
Struktur organisasi yang jelas dan sistematis di dalam suatu perusahaan merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kelangsungan dan kemajuan perusahaan karena berhubungan langsung dengan komunikasi dan kerjasama yang baik antar karyawan sehingga operasional perusahaan dapat berjalan dengan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

Pada pabrik asam akrilat ini struktur organisasi yang dipilih adalah dengan sistem line and staff. Kelebihan sistem ini adalah garis 78 kekuasaan lebih sederhana dan praktis. Demikian pula dalam hal pembagian tugas kerja, seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional, dimana seorang karyawan hanya bertanggung jawab pada atasan saja. Dalam menjalankan organisasi terdapat dua kelompok yang berpengaruh pada sistem ini, yaitu :

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

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

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



**Gambar 4.4. Struktur Organisasi**



## **4.5 Tugas dan Wewenang**

### **4.5.1 Dewan Komisaris**

Dewan komisaris atau pemilik saham memegang kekuasaan tertinggi dalam suatu perusahaan. Dewan komisaris terdiri dari beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk usaha untuk menjalankan pabrik.

Tugas dan wewenang pemegang saham antara lain:

- a. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris.
- b. Mengangkat dan memberhentikan Direktur.
- c. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.

### **4.5.2 Direktur Utama**

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan. Direktur utama bertanggungjawab kepada dewan komisaris terhadap segala kebijakan perusahaan yang telah diambil. Tugas dan wewenang direktur umum antara lain :

- a. Menjaga kestabilan organisasi perusahaan, sehingga komunikasi antara pemilik saham, pimpinan, karyawan, dan konsumen dapat berlangsung dengan baik.
- b. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham.
- c. Mengkoordinasi kerja sama antara bagian produksi dan bagian umum.

Dalam pelaksanaannya, Direktur utama membawahi Direktur Operasi & Produksi dan Direktur Administrasi & Umum.

### 4.5.3 Kepala Bagian

Kepala bagian bertanggung jawab kepada direktur utama. Tugas umum kepala bagian adalah mengkoordinasi, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan kerja sesuai bidangnya. Berdasarkan bidangnya, kepala bagian terdiri dari :

a. Kepala Bagian Proses dan Utilitas

Tugas: Mengatur dan menjaga kelancaran unit proses dan unit utilitas agar *rate production* pabrik tercapai dengan mengatur jalannya proses produksi. Dalam pelaksanaannya, Kepala Bagian Proses dan Utilitas membawahi Seksi Proses, dan Seksi Utilitas.

b. Kepala Bagian Perencanaan Dan Pengendalian Pemeliharaan

Tugas: Mengatur dan menjaga jumlah pasokan Listrik agar selalu mencukupi kebutuhan pabrik serta secara rutin melakukan uji kelayakan terhadap setiap instrumen dalam area pabrik. Kepala Bagian Perencanaan Dan Pengendalian Pemeliharaan membawahi seksi Pemeliharaan dan bengkel dan seksi listrik dan instrumentasi.

c. Kepala Bagian Teknologi

Tugas: Bertanggungjawab atas penyediaan mesin untuk keberlangsungan proses terkait peralatan dan kebutuhan listrik untuk kelancaran produksi. Melakukan pengecekan terkait perawatan mesin proses.

d. Kepala Bagian Administrasi Keuangan

Tugas: Mencatat dan menghitung aliran dana keluar dan masuk perusahaan. Kepala Bagian Administrasi Keuangan membawahi seksi keuangan,

Pelaporan Keuangan & manajemen dan seksi akuntansi biaya.

e. Kepala Bagian Kepala Bagian Pengembangan Sumber Daya Manusia

Tugas: Menjaga kualitas SDM dalam perusahaan melalui pelatihan kerja dan lain lain sehingga dapat tetap menjaga etos kerja dari setiap pegawai.

f. Kepala Bagian UMUM

Tugas: Mengatur kegiatan-kegiatan penunjang dalam pabrik seperti menjaga kebersihan kantor, keamanan dan lain lain. Kepala bagian UMUM membawahi Seksi Pelayanan Umum, dan Seksi Keamanan.

g. Kepala Bagian IT

Tugas: Mengatur dan menjaga aliran informasi, dan menjaga kualitas peralatan penunjang dalam pabrik seperti komputer, alat kontrol dan lain lain.

#### **4.5.4 Kepala Seksi**

Kepala seksi adalah pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh para Kepala Bagian masing-masing. Setiap kepala seksi bertanggungjawab terhadap kepala bagian masing-masing sesuai dengan seksinya.

- a. Kepala Seksi Proses
- b. Kepala Seksi Utilitas
- c. Kepala Seksi Bengkel dan Pemeliharaan
- d. Kepala Seksi Operasi dan Pemeliharaan
- e. Kepala Seksi Administrasi Pemasaran
- f. Kepala Seksi Administrasi Penjualan

- g. Kepala Seksi Pengolahan Energi
- h. Kepala Seksi Pengendalian Kualitas
- i. Kepala Seksi Keamanan
- j. Kepala Seksi Pelayanan Umum
- k. Kepala Seksi Akuntansi Biaya
- l. Kepala Seksi Pelapor Keuangan & Manajemen
- m. Kepala Seksi Keuangan
- n. Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja

#### **4.6 Jam Kerja Karyawan**

Pabrik asam akrilat dari gliserol akan beroperasi 330 hari selama satu tahun dalam 24 jam sehari. Sisa hari yang bukan merupakan hari libur digunakan untuk perbaikan, perawatan atau *shut down*. Berdasarkan jam kerjanya, karyawan perusahaan dapat digolongkan menjadi 2 golongan karyawan *non-shift* (harian) dan karyawan *shift*.

##### **4.6.1 Karyawan *non shift***

Karyawan *non shift* adalah para karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Yang termasuk para karyawan *non shift* adalah direktur, staf ahli, kepala bagian, kepala seksi serta seluruh yang tugasnya berada di kantor. Karyawan *non shift* dalam satu minggu bekerja selama 5 hari dengan jam kerja sebagai berikut:

Senin-Kamis: 08.00-16.00 WIB (istirahat 12.00-13.00)

Jumat: 08.00-16.00 WIB (istirahat 11.30-13.30)

Sabtu-Minggu: Hari libur, termasuk hari libur nasional

#### 4.6.2 Karyawan *shift*

Karyawan *shift* adalah karyawan yang langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi sehingga tidak dapat ditinggalkan. Yang termasuk karyawan *shift* ini adalah operator produksi, sebagian dari bagian teknik, bagian gudang dan bagian utilitas, pengendalian, laboratorium, termasuk petugas keamanan yang menjaga keamanan selama proses produksi berlangsung. Para karyawan akan bekerja secara bergantian sehari semalam. Karyawan *shift* dibagi dalam 3 *shift* dengan pengaturan sebagai berikut :

Shift Pagi : 08.00-16.00

Shift Sore: 16.00-00.00

Shift Malam: 00.00-08.00

Jadwal kerja terbagi menjadi empat minggu dan empat kelompok. Setiap kelompok kerja mendapatkan libur satu kali dari tiga kali *shift*. Setiap kelompok mendapatkan giliran 6 hari kerja dan satu hari libur untuk setiap *shift* dan masuk lagi untuk *shift* berikutnya. Untuk hari libur atau hari besar yang ditetapkan oleh pemerintah, regu yang bertugas tetap masuk. Berikut adalah jadwal kerja karyawan *shift*:

Tabel 4. 1 Jadwal shift kerja karyawan

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

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

Keterangan : 1, 2, 3 dst : Hari ke-

A, B, C, D : Regu kerja

I, II, III : *shift*

 : *Libur*

## 4.7 Status, sistem penggajian, dan penggolongan pekerja

### 4.7.1 Jumlah Pekerja

Tabel 4. 2 Jumlah Pekerja

| No | Jabatan                                 | Jumlah |
|----|-----------------------------------------|--------|
| 1  | Direktur Utama                          | 1      |
| 2  | Direktur Operasi dan Produksi           | 1      |
| 3  | Direktur Adminitrasi dan Umum           | 1      |
| 4  | Ka. Bag. Proses dan Utilitas            | 1      |
| 5  | Ka. Bag. Perencanaan dan Pengendalian   | 1      |
| 6  | Ka. Bag. Teknologi                      | 1      |
| 7  | Ka. Bag. Adminitrasi Keuangan           | 1      |
| 8  | Ka. Bag. PSDM                           | 1      |
| 9  | Ka. Bag. Umum                           | 1      |
| 10 | Ka. Bag. IT                             | 1      |
| 11 | Ka. Sek. Proses                         | 1      |
| 12 | Ka. Sek. Utilitas                       | 1      |
| 13 | Ka. Sek. Bengkel dan Pemeliharaan       | 1      |
| 14 | Ka. Sek. Operasi dan Pemeliharaan       | 1      |
| 15 | Ka. Sek. Adminitrasi Pemasaraan         | 1      |
| 16 | Ka. Sek. Adminitrasi Penjualan          | 1      |
| 17 | Ka. Sek. Pengolahan Energi              | 1      |
| 18 | Ka. Sek. Pengendalian Kualitas          | 1      |
| 19 | Ka. Sek. Keamanan                       | 1      |
| 20 | Ka. Sek. Pelayanan Umum                 | 1      |
| 21 | Ka. Sek. Akuntansi Biaya                | 1      |
| 22 | Ka. Sek. Pelapor Keuangan dan Manajemen | 1      |
| 23 | Ka. Sek. Keuangan                       | 1      |
| 24 | Ka. Sek. Kesehatan dan Keselamtan Kerja | 1      |
| 25 | Karyawan Pemasaran                      | 5      |

| No           | Jabatan                      | Jumlah     |
|--------------|------------------------------|------------|
| 26           | Karyawan K3                  | 6          |
| 27           | Karyawan Kas/Anggaran        | 4          |
| 28           | Karyawan Proses dan Utilitas | 42         |
| 29           | Karyawan Pemeliharaan        | 9          |
| 30           | Perawat                      | 2          |
| 31           | Satpam                       | 6          |
| 32           | Supir                        | 8          |
| 33           | <i>Cleaning Service</i>      | 10         |
| <b>Total</b> |                              | <b>116</b> |

#### 4.7.2 Penggolongan Jabatan

Dalam mendirikan suatu pabrik harus adanya penggolongan jabatan, karena hal ini akan berkaitan dengan keberlangsungan pabrik untuk bersaing di pasaran. Berikut rincian penggolongan jabatan.

Tabel 4. 3 Jumlah Penggolongan Jabatan

| Jabatan          | Penggolongan |
|------------------|--------------|
| Dewan Komisaris  | S-2          |
| Direktur Utama   | S-2          |
| Kepala Bagian    | S-1          |
| Kepala Seksi     | S-1          |
| Perawat          | D-3/D-4/S-1  |
| Karyawan         | D-3/S-1      |
| Satpam           | SLTA         |
| Supir            | SLTA         |
| Cleaning Service | SLTA         |



### 4.7.3 Sistem gaji pegawai

a. Gaji harian

Gaji harian adalah gaji yang diberikan kepada karyawan tidak tetap.

b. Gaji bulanan

Gaji bulanan adalah gaji yang diberikan kepada pegawai tetap dengan jumlah sesuai peraturan perusahaan.

c. Gaji lembur

Gaji lembur adalah gaji yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokok yang sudah ditentukan.

Perincian gaji sesuai dengan jabatan adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 4 Rincian Gaji Karyawan

| No | Jabatan                               | Jumlah | Gaji (orang/bulan) |
|----|---------------------------------------|--------|--------------------|
| 1  | Direktur Utama                        | 1      | Rp. 35.000.000     |
| 2  | Direktur Operasi dan Produksi         | 1      | Rp. 35.000.000     |
| 3  | Direktur Adminitrasi dan Umum         | 1      | Rp. 35.000.000     |
| 4  | Ka. Bag. Proses dan Utilitas          | 1      | Rp. 20.000.000     |
| 5  | Ka. Bag. Perencanaan dan Pengendalian | 1      | Rp. 20.000.000     |
| 6  | Ka. Bag. Teknologi                    | 1      | Rp. 20.000.000     |
| 7  | Ka. Bag. Adminitrasi Keuangan         | 1      | Rp. 20.000.000     |
| 8  | Ka. Bag. PSDM                         | 1      | Rp. 20.000.000     |
| 9  | Ka. Bag. Umum                         | 1      | Rp. 20.000.000     |
| 10 | Ka. Bag. IT                           | 1      | Rp. 20.000.000     |
| 11 | Ka. Sek. Proses                       | 1      | Rp. 15.000.000     |
| 12 | Ka. Sek. Utilitas                     | 1      | Rp. 15.000.000     |
| 13 | Ka. Sek. Bengkel dan Pemeliharaan     | 1      | Rp. 15.000.000     |

|              |                                          |            |            |                    |
|--------------|------------------------------------------|------------|------------|--------------------|
| 14           | Ka. Sek. Operasi dan Pemeliharaan        | 1          | Rp.        | 15.000.000         |
| 15           | Ka. Sek. Adminitrasi Pemasaraan          | 1          | Rp.        | 15.000.000         |
| 16           | Ka. Sek. Adminitrasi Penjualan           | 1          | Rp.        | 15.000.000         |
| 17           | Ka. Sek. Pengolahan Energi               | 1          | Rp.        | 15.000.000         |
| 18           | Ka. Sek. Pengendalian Kualitas           | 1          | Rp.        | 15.000.000         |
| 19           | Ka. Sek. Keamanan                        | 1          | Rp.        | 15.000.000         |
| 20           | Ka. Sek. Pelayanan Umum                  | 1          | Rp.        | 15.000.000         |
| 21           | Ka. Sek. Akuntansi Biaya                 | 1          | Rp.        | 15.000.000         |
| 22           | Ka. Sek. Pelapor Keuangan dan Manajemen  | 1          | Rp.        | 15.000.000         |
| 23           | Ka. Sek. Keuangan                        | 1          | Rp.        | 15.000.000         |
| 24           | Ka. Sek. Kesehatan dan Keselamatan Kerja | 1          | Rp.        | 8.000.000          |
| 25           | Karyawan Pemasaran                       | 5          | Rp.        | 8.000.000          |
| 26           | Karyawan K3                              | 6          | Rp.        | 10.000.000         |
| 27           | Karyawan Kas/Anggaran                    | 4          | Rp.        | 8.000.000          |
| 28           | Karyawan Proses dan Utilitas             | 42         | Rp.        | 10.000.000         |
| 29           | Karyawan Pemeliharaan                    | 9          | Rp.        | 8.000.000          |
| 30           | Perawat                                  | 2          | Rp.        | 7.000.000          |
| 31           | Satpam                                   | 6          | Rp.        | 5.700.000          |
| 32           | Supir                                    | 8          | Rp.        | 5.700.000          |
| 33           | <i>Cleaning Service</i>                  | 10         | Rp.        | 5.700.000          |
| <b>Total</b> |                                          | <b>116</b> | <b>Rp.</b> | <b>516.000.000</b> |

#### 4.8 Catatan

##### a. Cuti tahunan

Karyawan mempunyai hak cuti tahunan selama 12 hari setiap tahun. Bila dalam waktu 1 tahun hak cuti tersebut tidak dipergunakan

maka hak tersebut akan hilang untuk tahun itu dan tidak bisa diakumulasikan.

b. Hari Libur Nasional

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

c. Kerja Lembur (*Overtime*)

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

d. Sistem gaji karyawan

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

#### **4.9 Kesejahteraan Pegawai**

Kesejahteraan sosial yang diberikan oleh perusahaan kepada karyawan, diantaranya sebagai berikut:

##### **4.9.1 Tunjangan**

- a. Tunjangan yang berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.
- b. Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang.
- c. Tunjangan lembur untuk karyawan yang bekerja di luar jam kerja diberikan berdasarkan jumlah jam kerja.

#### **4.9.2 Cuti**

- a. Cuti sakit diberikan kepada setiap karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter.
- b. Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam satu (1) tahun.

#### **4.9.3 Pakaian Kerja**

Pakaian kerja yang diberikan kepada setiap karyawan sejumlah 3 pasang untuk setiap tahunnya.

#### **4.9.4 Pengobatan**

- a. Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang diakibatkan oleh kecelakaan kerja ditanggung perusahaan sesuai dengan undang-undang yang berlaku.
- b. Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang tidak diakibatkan oleh kecelakaan kerja diatur berdasarkan kebijaksanaan perusahaan.

#### **4.9.5 Badan Penyelenggaraan Jaminan Sosial Tenaga Kerja (BPJSTK)**

BPJSTK diberikan oleh perusahaan bila jumlah karyawan lebih dari 10 orang dengan gaji karyawan Rp 1.000.000 per bulan.

Fasilitas untuk kemudahan bagi karyawan dalam melaksanakan aktivitas selama di pabrik antara lain:

- a. Penyediaan mobil dan bus untuk transportasi antar jemput karyawan.
- b. Kantin, untuk memenuhi kebutuhan makan karyawan terutama

makan siang.

c. Sarana peribadatan seperti masjid.

d. Pakaian seragam kerja dan peralatan-peralatan keamanan seperti *safety helmet*, *safety shoes* dan kacamata, serta tersedia pula alat-alat keamanan lain seperti masker, *ear plug*, sarung tangan tahan api.

Fasilitas kesehatan seperti tersedianya poliklinik yang dilengkapi dengan tenaga medis dan paramedis.



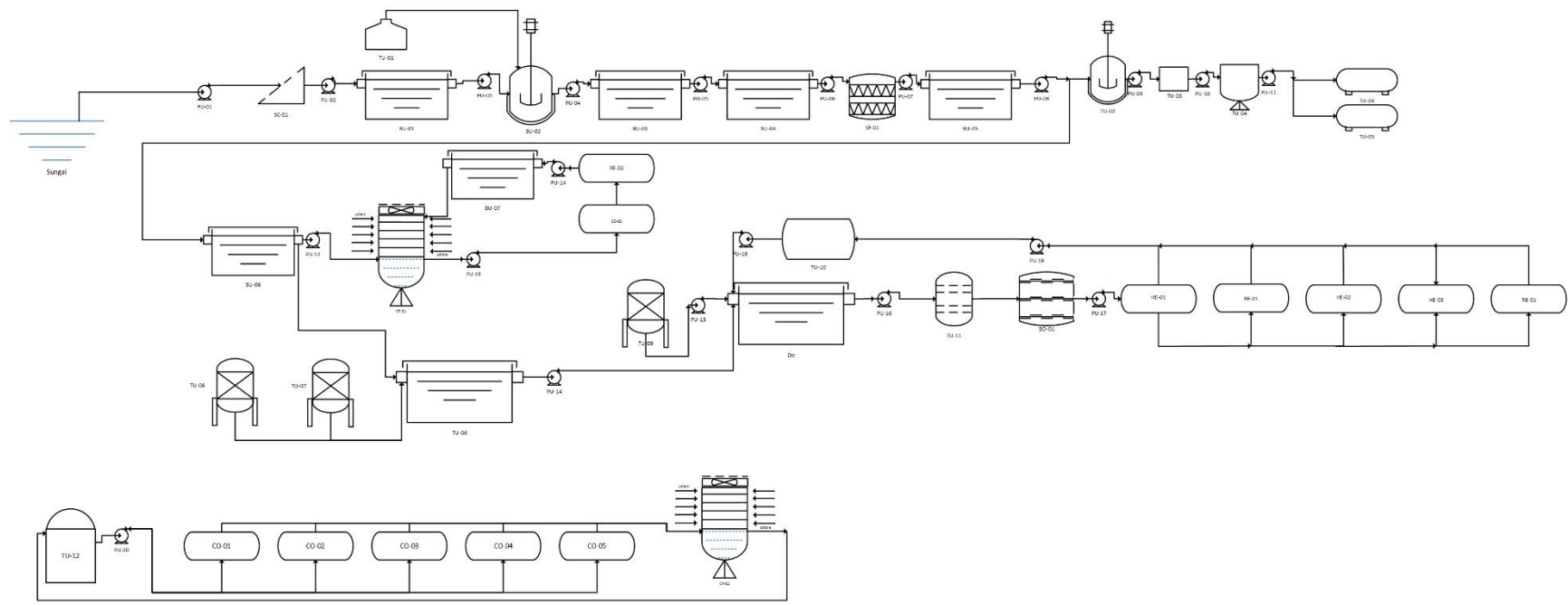
## BAB V

### UTILITAS

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

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
2. Unit Pembangkit *Steam*
3. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
4. Unit Penyediaan Udara Tekan (*Instrument Air System*)
5. Unit Penyediaan Bahan Bakar
6. Unit Pengolahan Limbah
7. Unit Pengadaan *Dowtherm A*

ISLAM



Gambar 5.1 Unit Utilitas

Keterangan :

1. PU-01-21 : Pompa Utilitas
2. FU-01 : *Screening*
3. BO-01 : *Boiler*
4. BU-01 : Bak Sedimentasi
5. TU-01 : Tangki Alum
6. BU-02 : Bak Koagulasi dan Flokulasi
7. SF-01 : *Sand Filter*
8. BU-03 : Bak Pengendapan 1
9. TU-02 : Tangki Klorinasi
10. TU-03 : Tangki Kaporit
11. TU-04 : Tangki Air Bersih
12. TU-05 : Tangki *Service Water*
13. TU-06 : Tangki NaCl
14. BU-04 : Bak Pengendapan II
15. BU-05 : Bak Penampungan Sementara
16. CT-01 : *Cooling Tower*
17. MB-01 : *Mixed Bed*
18. TU-07 : Tangki Air Demin
19. TU-08 : Tangki N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>
20. BU-06 : Bak Air Pendingin
21. DE-01 : Deaerator
22. BLU-1 : *Blower Cooling Tower*



## 5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

Unit Penyediaan dan Pengolahan Air bertugas menyediakan dan mengolah air bersih yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan air di pabrik. Dalam perancangan pabrik asam akrilat ini, sumber air yang digunakan adalah sumber air Sungai Cisadane. Berikut beberapa pertimbangan dalam menggunakan air sungai sebagai sumber air.

- a. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana dan relatif murah, sedangkan pengolahan air laut lebih rumit dan biaya pengolahan biasanya lebih tinggi karena lebih banyak kandungan garam mineral di dalamnya yang perlu dipisahkan. Tetapi dengan faktor letak pabrik yang dekat dengan sumber air sungai.
- b. Air Sungai merupakan sumber kontinyu yang tinggi, sehingga kekurangan air dapat dihindari.

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

### 5.1.1 Air Kebutuhan Umum

#### 5.1.1.1 Air Domestik (*Domestic water*)

*Domestic water* air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan seperti air minum, toilet, perumahan dan sebagainya. Air

domestik yang digunakan harus memenuhi persyaratan, seperti :

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

Tabel 5.1 Kebutuhan Air Domestik

| <b>Penggunaan</b> | <b>Jumlah kg/Jam</b>     |
|-------------------|--------------------------|
| Kantor            | 474.0490 kg/Jam          |
| Mess              | 900 kg/Jam               |
| <b>Jumlah</b>     | <b>1.374,0490 kg/Jam</b> |

#### 5.1.1.2 Air Layanan Umum (*Service Water*)

*Service water* merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan layanan umum seperti bengkel, klinik, laboratorium, kantin, masjid dan lain- lain. Kriteria *service water* yang digunakan sama seperti *domestic water*. Dan kebutuhan air *hydrant* pada kebutuhan air yang digunakan untuk pemadam kebakaran apabila terjadi timbulnya api atau kebakaran suatu tempat di dalam pabrik, kebutuhan air *hydrant* bersifat kondisional yang sewaktu-waktu dibutuhkan ketika kebutuhan mendesak yang harus dipadamkan apabila terjadi kebakaran. Air sanitasi harus memenuhi kualitas tertentu, yaitu :

a. Syarat fisika, meliputi :

- Suhu : dibawah suhu udara
- Warna : jernih
- Rasa : tidak berasa
- Bau : tidak berbau

b. Syarat Kimia, meliputi :

- Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air.
- Tidak mengandung bahan beracun.
- Tidak mengandung bakteri terutama patogen yang dapat merubah fisik air.

Total perkiraan kebutuhan air untuk pemakaian layanan umum (*service water*) seperti bengkel, laboratorium 500 kg/jam.

### 5.1.1.3 Air Pendingin

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

- a. Air pendingin diperoleh dengan mudah dan dalam jumlah besar.
- b. Mudah dilakukan pengaturan dan pengolahan.
- c. Memiliki daya serap terhadap panas per satuan *volume* cukup tinggi.
- d. Tidak terdekomposisi.

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

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

Kebutuhan air pendingin pada pabrik asam akrilat ini perancangan dibuat *over design* sebesar 20% maka kebutuhan air pendingin menjadi sebesar 87,151 kg/jam.

Tabel 5.2 Kebutuhan Air Pendingin

| No.           | Nama Alat     | Kode    | Kebutuhan Air (kg/Jam) |
|---------------|---------------|---------|------------------------|
| 1             | Condensor -01 | CD - 01 | 1,0015                 |
| 2.            | Reaktor-02    | RE-02   | 71,6244                |
| <b>Jumlah</b> |               |         | <b>72,6259</b>         |

#### 5.1.1.4 Air pemanas

Air pemanas merupakan air yang digunakan untuk bisa memenuhi kebutuhan air pada area proses produksi yang memerlukan steam. Air proses yang digunakan harus memenuhi persyaratan seperti :

- a. Air jernih

- b. Tidak berbau dan berasa
- c. Tidak mengandung zat organik dan anorganik

Kebutuhan air pemanas pada pabrik asam akrilat ini digunakan alat *Heater-02, Heater-03, Reaktor-01, Reboiler-01* dibuat *over design* sebesar 20% maka kebutuhan air pemanas menjadi sebesar 17.158,4181 kg/jam.

Tabel 5.3 Kebutuhan Air Pemanas

| No            | Nama Alat          | Kode  | Jumlah (kg/Jam)    |
|---------------|--------------------|-------|--------------------|
| 1             | <i>Heater-02</i>   | HE-02 | 1.728,1047         |
| 2             | <i>Heater-03</i>   | HE-03 | 28,8859            |
| 3             | <i>Reaktor-01</i>  | RE-01 | 7,1336             |
| 4             | <i>Reboiler-01</i> | RB-01 | 11.042,8865        |
| <b>Jumlah</b> |                    |       | <b>12.807,0107</b> |

#### 5.1.1.5 Total Kebutuhan Air

Tabel 5.4 Total Kebutuhan Air

| No.          | Keperluan             | Jumlah (kg/Jam)  |
|--------------|-----------------------|------------------|
| 1            | <i>Domestic Water</i> | 1.386,63         |
| 2            | <i>Service Water</i>  | 500              |
| 3            | <i>Cooling Water</i>  | 87,151           |
| 4            | <i>Steam Water</i>    | 15.368,41        |
| <b>Total</b> |                       | <b>17.342,19</b> |

### 5.2 Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*)

Unit Pembangkit *Steam* bertujuan untuk mencukupi kebutuhan *steam* pada proses produksi.

Tabel 5.5 Kebutuhan *Steam*

| No            | Nama Alat          | Kode  | Jumlah (kg/Jam)    |
|---------------|--------------------|-------|--------------------|
| 1             | <i>Heater-02</i>   | HE-02 | 1.728,1047         |
| 2             | <i>Heater-03</i>   | HE-03 | 28,8859            |
| 3             | <i>Reaktor-01</i>  | RE-01 | 7,1336             |
| 4             | <i>Reboiler-01</i> | RB-01 | 11.042,8865        |
| <b>Jumlah</b> |                    |       | <b>12.807,0107</b> |

### 5.3 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

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

Kebutuhan listrik di pabrik ini antara lain :

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

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

Tabel 5.6 Daya Alat Proses

| NO           | Alat                 | Kode Alat | Hp           | Daya             |
|--------------|----------------------|-----------|--------------|------------------|
|              |                      |           | HP           | Watt             |
| 1            | <i>Blower</i> Proses | BL - 01   | 0,17         | 124,28           |
| 2            | <i>Blower</i> Proses | BL - 02   | 0,5          | 372,85           |
| 3            | <i>Blower</i> Proses | BL - 03   | 0,25         | 186,43           |
| 4            | <i>Blower</i> Proses | BL - 04   | 0,25         | 186,43           |
| 5            | <i>Blower</i> Proses | BL - 05   | 3            | 2.237,1          |
| 6            | <i>Blower</i> Proses | BL - 06   | 2            | 1.491,4          |
| 7            | <i>Blower</i> Proses | BL - 07   | 3            | 2.237,1          |
| 8            | <i>Blower</i> Proses | BL - 08   | 3            | 2.237,1          |
| 9            | <i>Blower</i> Proses | BL - 09   | 3            | 2.237,1          |
| 10           | Pompa Proses         | P - 01    | 2            | 1.491,4          |
| 11           | Pompa Proses         | P - 02    | 15           | 1.1185,55        |
| 12           | Pompa Proses         | P - 03    | 1            | 745,7            |
| 13           | Pompa Proses         | P - 04    | 1            | 745,7            |
| 14           | Pompa Proses         | P - 05    | 1            | 745,7            |
| 15           | Pompa Proses         | P - 06    | 1            | 745,7            |
| 16           | Pompa Proses         | P - 07    | 1            | 745,7            |
| 17           | Pompa Proses         | P - 08    | 2            | 1.118,55         |
| 18           | Pompa Proses         | P - 09    | 1            | 745,7            |
| <b>Total</b> |                      |           | <b>39,67</b> | <b>29.579,43</b> |

Tabel 5.7 Daya Alat Utilitas

| NO           | Alat                        | Kode Alat | Daya         |                  |
|--------------|-----------------------------|-----------|--------------|------------------|
|              |                             |           | HP           | Watt             |
| 1            | <i>Blower Cooling Tower</i> | BC – 01   | 5            | 3.728,5          |
| 2            | <i>Blower Cooling Tower</i> | BC – 01   | 5            | 3.728,5          |
| 3            | Kompresor Udara Tekan       | KU - 01   | 4            | 2.982,8          |
| 4            | Pompa                       | PU – 01   | 0,5          | 372,85           |
| 5            | Pompa                       | PU – 02   | 0,5          | 372,85           |
| 6            | Pompa                       | PU – 03   | 0,75         | 559,27           |
| 7            | Pompa                       | PU – 04   | 0,05         | 37,28            |
| 9            | Pompa                       | PU – 05   | 0,5          | 372,85           |
| 10           | Pompa                       | PU – 06   | 0,33         | 248,56           |
| 11           | Pompa                       | PU – 07   | 0,08         | 62,14            |
| 12           | Pompa                       | PU – 08   | 1,25         | 932,12           |
| 13           | Pompa                       | PU – 09   | 1,25         | 932,12           |
| 14           | Pompa                       | PU – 10   | 0,05         | 37,28            |
| 15           | Pompa                       | PU – 11   | 1,5          | 1.118,55         |
| 16           | Pompa                       | PU – 12   | 1,5          | 1.118,55         |
| 17           | Pompa                       | PU – 13   | 0,13         | 93,21            |
| 18           | Pompa                       | PU – 14   | 0,05         | 37,28            |
| 19           | Pompa                       | PU – 15   | 10           | 7457             |
| 20           | Pompa                       | PU – 16   | 0,05         | 37,28            |
| 21           | Pompa                       | PU – 17   | 0,05         | 37,28            |
| 22           | Pompa                       | PU – 18   | 0,05         | 37,28            |
| 23           | Pompa                       | PU – 19   | 0,25         | 186,42           |
| 24           | Pompa                       | PU – 20   | 0,5          | 372,85           |
| <b>Total</b> |                             |           | <b>33,54</b> | <b>25.012,02</b> |

Tabel 5.8 Kebutuhan Listrik Pabrik

| No           | Keperluan             | Kebutuhan (Kw) |
|--------------|-----------------------|----------------|
| 1            | <i>Power Plant</i>    | 29,58          |
| 2            | Utilitas              | 25,01          |
| 3            | Alat Kontrol          | 13,65          |
| 4            | Penerangan            | 8,19           |
| 5            | Peralatan Kantor      | 8,19           |
| 6            | Bengkel, Laboratorium | 8,19           |
| 7            | Perumahan             | 15             |
| <b>Total</b> |                       | <b>107,81</b>  |



#### **5.4 Unit Penyedia Udara Tekan**

Pada unit penyedia udara tekan mempunyai fungsi untuk menyediakan kebutuhan udara yang dibutuhkan semua dari alat *controller* memenuhi kebutuhan udara tekan untuk alat-alat yang bekerja dengan prinsip *pneumatic* terutama alat- alat kontrol. Pada dasarnya, proses yang terjadi pada unit ini adalah mengurangi berat jenis udara dari kandungan kondensat sebelum masuk ke unit instrumen udara. Kebutuhan udara tekan diperkirakan sebesar 46,728 m<sup>3</sup>/jam dengan tekanan 5,5 atm.

#### **5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar**

Pada unit penyedia bahan bakar bertujuan menyediakan bahan bakar yang dipergunakan pada *boiler*, *furnace*, dan *generator*. Bahan bakar yang digunakan adalah solar sebesar 877,3 kg/jam dan *Liquified Natural Gas* sebesar 815,84 kg/jam.

#### **5.6 Unit Pengolahan Limbah**

Limbah merupakan bahan sisa buangan dari suatu proses produksi industri pabrik yang sudah tidak terpakai lagi. Pengolahan limbah pabrik asam akrilat ini terbagi menjadi tiga jenis yaitu limbah cair dan limbah gas. Limbah dari proses produksi pabrik harus dikondisikan agar tidak

terjadi pencemaraan lingkungan seperti kematian ikan, merusak tanaman, keracunan pada hewan maupun gangguan kesehatan manusia. Limbah ini diolah di Unit Pengolahan Limbah yang menghasilkan sebagai berikut :

### **5.6.1 Limbah Cair**

Limbah cair adalah suatu limbah yang sudah terbuang oleh proses produksi dan tidak digunakan lagi yang berupa cairan terutama suatu senyawa organik yang bisa diuraikan mikroorganisme di alam dan dihasilkan dari arus keluaran unit separator berupa uap air dan langsung dibuang kembali ke sungai, limbah lainnya berasal dari :

- Limbah sanitasi

Limbah sanitasi mengandung bakteri-bakteri dari berbagai sumber kotoran. Limbah sanitasi berasal dari air hasil buangan limbah domestik yang dipakai sebagai keperluan pabrik maupun perkantoran. Air buangan ini tidak mengandung bahan-bahan kimia yang berbahaya. Yang perlu diperhatikan disini adalah volume buangan yang diijinkan dan kemana pembuangan air limbah ini.

### **5.7 Unit Pengadaan Dowtherm A**

*Dowtherm A* digunakan sebagai pendingin pada alat-alat proses yaitu seperti: *Cooler-01*, *Cooler-02*, *Cooler-03*, *Cooler-04*. Kondisi operasi proses dilakukan dalam fase gas serta beroperasi pada suhu 90°C dan pada tekanan medium pressure. Jika menggunakan air sebagai

pendingin akan banyak air yang akan teruapkan dan konsumsi air juga akan banyak karena kondisi operasi mendekati titik didih air. Maka, dicari bahan atau *coolant* yang sifat fisi dan kimianya lebih ringan dan dapat bertahan pada suhu tinggi dan tekanan tinggi. Oleh karena itu dipilih *dowtherm A* sebagai pendingin yang terdiri dari senyawa *diphenyl eter* dan *biphenyl eter*. Senyawa ini memiliki tekanan uap yang sama, sehingga campuran dapat ditangani seolah-olah itu senyawa tunggal.

*Dowtherm A* adalah cairan yang dapat digunakan dalam fase cair atau fase uap. Kisaran aplikasi normal adalah 60 °F sampai 750 °F (15 – 400) °C dan kisaran tekanan adalah 1 atm – 103,6 atm. Fluida ini stabil tidak mudah terurai pada suhu tinggi, dan dapat digunakan secara efektif baik dalam fase cair atau fase uap. Viskositasnya rendah sepanjang rentang operasi pada perpindahan panas yang efisien sehingga tidak ada masalah dalam pemompaan. Fluida ini *noncorrosive* untuk logam biasa dan paduan. ([msdssearch.dow.com](http://msdssearch.dow.com))

Tabel 5.9 Kebutuhan Dowtherm A

| No            | Nama Alat        | Kode  | Jumlah (kg/Jam)     |
|---------------|------------------|-------|---------------------|
| 1             | <i>Cooler-01</i> | CO-01 | 36.545,6651         |
| 2             | <i>Cooler-02</i> | CO-02 | 31.072,1133         |
| 3             | <i>Cooler-03</i> | CO-03 | 22.758,3954         |
| 4             | <i>Cooler-04</i> | CO-04 | 82.801,9233         |
| 5             | <i>Cooler-05</i> | CO-05 | 47.920,7605         |
| <b>Jumlah</b> |                  |       | <b>221.098,8577</b> |

Karena Pendingin yang akan diproses di cooling water-02 adalah *dowtherm*, dikhawatirkan akan ada *dowtherm* yang menguap dan terbuang ke atmosfer. Oleh karena itu, pengadaan *dowtherm* sebagai *cooling water* dilebihkan 20% dari jumlah kebutuhannya sebesar 265.318,6292 Kg/Jam.

## 5.8 Spesifikasi Alat Utilitas

### 1. 5.8.1 Perancangan Alat Pengolahan Air

#### 1. *Screening* (SC – 01)

Tabel 5.9 Spesifikasi *Screening*

| <b>Spesifikasi umum</b>  |                                                |
|--------------------------|------------------------------------------------|
| Nama Alat                | <i>Screening</i> / Saringan                    |
| Kode                     | (SC – 01)                                      |
| Fungsi                   | Menyaring kotoran-kotoran yang berukuran besar |
| <b>Dimensi</b>           |                                                |
| Diameter lubang saringan | 1 cm                                           |
| Panjang saringan         | 10 ft                                          |
| Lebar saringan           | 8 ft                                           |
| Jumlah air yang diolah   | 24.725,6072 kg/jam                             |

## 2. Bak Pengendapan Awal (B – 01) / Sedimentasi

Tabel 5.10 Spesifikasi Bak Pengendapan  
Awal/Sedimentasi

| <b>Spesifikasi umum</b>   |                                                  |
|---------------------------|--------------------------------------------------|
| Nama alat                 | Bak Pengendapan Awal / Sedimentasi               |
| Kode                      | (B – 01)                                         |
| Fungsi                    | Mengendapan kotoran yang terbawa dari air sungai |
| Bentuk                    | Bak persegi                                      |
| Bahan                     | Beton bertulang                                  |
| <i>Volume</i>             | 225,6892 m <sup>3</sup>                          |
| Waktu tinggal             | 8 jam                                            |
| <i>Over design</i>        | 20 %                                             |
| <b>Dimensi</b>            |                                                  |
| Tinggi                    | 3,8355 m                                         |
| Panjang                   | 7,6709 m                                         |
| Lebar                     | 7,6709 m                                         |
| Kapasitas bak pengendapan | 28,2112 m <sup>3</sup> /jam                      |

### 3. Bak Flokulator / Bak Penggumpal (B – 02)

Tabel 5.11 Spesifikasi Bak Flokulator/Bak Penggumpal

| <b>Spesifikasi umum</b>   |                                                                                                                    |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nama alat                 | Bak Flokulator / Bak Penggumpal                                                                                    |
| Kode                      | (B – 02)                                                                                                           |
| Fungsi                    | Mengendapkan kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan untuk menggumpalkan kotoran |
| <i>Volume bak</i>         | 26,7778 m <sup>3</sup>                                                                                             |
| <i>Over Design</i>        | 20 %                                                                                                               |
| Waktu pengendapan         | 1 jam                                                                                                              |
| <b>Dimensi</b>            |                                                                                                                    |
| Diameter                  | 3,2432 m                                                                                                           |
| Tinggi                    | 3,2432 m                                                                                                           |
| Bentuk                    | Silinder tegak                                                                                                     |
| <b>Jenis pengaduk</b>     |                                                                                                                    |
| Jenis pengaduk            | <i>Marine propeller 3 blade</i>                                                                                    |
| Diameter <i>impeller</i>  | 1,0811 m                                                                                                           |
| Jarak <i>impeller</i>     | 0,8108 m                                                                                                           |
| Jarak cairan dalam tangki | 2,9188 m                                                                                                           |
| Jumlah <i>baffle</i>      | 4 buah                                                                                                             |
| Lebar <i>baffle</i>       | 0,1081 m                                                                                                           |
| Jumlah <i>impeller</i>    | 1                                                                                                                  |
| <i>Power motor</i>        | 2 Hp                                                                                                               |

#### 4. Tangki Larutan Alum (TU – 01)

Tabel 5.12 Spesifikasi Tangki Larutan Alum

| <b>Spesifikasi umum</b>    |                                           |
|----------------------------|-------------------------------------------|
| Nama alat                  | Tangki Larutan Alum ( tawas)              |
| Kode                       | (TU – 01)                                 |
| Fungsi                     | Menyiapkan dan menyimpan larutan alum 5 % |
| Keb 5 % larutan alum       | 0,0048 kg/jam                             |
| Waktu penyimpanan          | 2 minggu                                  |
| Konsentrasi alum dalam air | 425 ppm                                   |
| Bentuk                     | Silinder tegak                            |
| <i>Over design</i>         | 20 %                                      |
| <i>Volume alum</i>         | 0,3463 m <sup>3</sup>                     |
| Diameter                   | 0,6042 m                                  |
| Tinggi                     | 1,2085 m                                  |

#### 5. Bak Pengendapan I (BU – 01)

Tabel 5.13 Spesifikasi Bak Pengendapan I

| <b>Spesifikasi umum</b> |                                                                                                                        |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nama alat               | Bak Pengendapan I                                                                                                      |
| Kode                    | (BU – 01)                                                                                                              |
| Fungsi                  | Mengendapan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (menghilangkan flokulasi) |
| Waktu tinggal           | 4 jam                                                                                                                  |
| Bentuk                  | Bak balok                                                                                                              |
| Bahan                   | Beton bertulang                                                                                                        |
| <i>Volume</i>           | 107,2024 m <sup>3</sup>                                                                                                |
| <i>Over design</i>      | 20 %                                                                                                                   |

**Dimensi**

|                           |                             |
|---------------------------|-----------------------------|
| Tinggi                    | 2,9926 m                    |
| Panjang                   | 5,9852 m                    |
| Lebar                     | 5,9852 m                    |
| Kapasitas bak pengendapan | 26,8006 m <sup>3</sup> /jam |

**6. Bak Pengendapan II ( BU – 02)**

Tabel 5.14 Spesifikasi Bak Pengendapan II

| <b>Spesifikasi umum</b>  |                                                                                                                                                      |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nama alat                | Bak Pengendapan II                                                                                                                                   |
| Kode                     | (BU – 02)                                                                                                                                            |
| Fungsi                   | Mengendapkan endapan yang berbentuk flokyang terbawa dari sungai dengan proses flokulasi (memberi kesempatan untuk proses flokulasi O <sup>2</sup> ) |
| Waktu tinggal            | 4 jam                                                                                                                                                |
| Bentuk                   | Bak persegi                                                                                                                                          |
| Bahan                    | Beton bertulang                                                                                                                                      |
| <i>Volume</i>            | 107,2024 m <sup>3</sup>                                                                                                                              |
| <i>Over design</i>       | 20 %                                                                                                                                                 |
| <b>Dimensi</b>           |                                                                                                                                                      |
| Tinggi                   | 2,9926 m                                                                                                                                             |
| Panjang                  | 5,9852 m                                                                                                                                             |
| Lebar                    | 5,9852 m                                                                                                                                             |
| Kapasits bak pengendapan | 26,8006 m <sup>3</sup> /jam                                                                                                                          |



## 7. Bak Saringan Pasir / *Sand Filter* (FU – 02)

Tabel 5.15 Bak Saringan Pasir / *Sand Filter*

| <b>Spesifikasi umum</b> |                                                               |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Nama alat               | Bak Saringan Pasir                                            |
| Kode                    | (SF – 01)                                                     |
| Fungsi                  | Menyaring partikel – partikel halus yang ada dalam air sungai |
| Kecepatan penyaringan   | 4 gpm/ft <sup>2</sup>                                         |
| Diameter partikel       | 0,0394 in                                                     |
| Material                | Spheres                                                       |
| Tinggi lapisan pasir    | 1,0944 m                                                      |
| <b>Dimensi</b>          |                                                               |
| Volume                  | 2,5695 m <sup>3</sup>                                         |
| Tinggi                  | 0,8628 m                                                      |
| Panjang                 | 1,7257 m                                                      |
| Lebar                   | 1,7,257 m                                                     |

## 8. Bak Penampungan Sementara (BU – 05)

Tabel 5.16 Bak Penampungan Sementara

| <b>Spesifikasi umum</b> |                                                                             |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Nama alat               | Bak Penampungan Sementara                                                   |
| Kode                    | (BU – 05)                                                                   |
| Fungsi                  | Menampung sementara <i>raw water</i> setelah disaring di <i>sand filter</i> |
| Waktu tinggal           | 1 jam                                                                       |
| Bentuk                  | Bak persegi                                                                 |
| Bahan                   | Beton Bertulang                                                             |
| Volume                  | 22,9586 m <sup>3</sup>                                                      |

*Over design* 20 %

**Dimensi**

Tinggi 1,7904 m  
Panjang 3,5809 m  
Lebar 3,5809 m  
Kapasitas bak penampungan 19,1322 m<sup>3</sup>

---

**5.8.2 Pengolahan Air Sanitasi (*Domestic Water*)**

**1. Tangki Klorinasi / Karbon aktif (TU – 02)**

Tabel 5.17 Spesifikasi Tangki Klorinasi

---

| <b>Spesifikasi umum</b> |                                                                                 |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Nama alat               | Tangki Klorinasi                                                                |
| Kode                    | (TU – 02)                                                                       |
| Fungsi                  | Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga |
| Waktu tinggal           | 1 jam                                                                           |
| Bentuk                  | Tangki silinder berpengaduk                                                     |
| <i>Over design</i>      | 20 %                                                                            |
| <b>Dimensi</b>          |                                                                                 |
| Volume                  | 22,9587 m <sup>3</sup>                                                          |
| Diameter                | 3,0810 m                                                                        |
| Tinggi                  | 3,0810 m                                                                        |
| Kapasitas               | 19,1322 m <sup>3</sup> /jam                                                     |

---

## 2. Tangki Kaporit (TU – 03)

Tabel 5.18 Spesifikasi Tangki Kaporit

| <b>Spesifikasi umum</b>     |                                                                                                  |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nama alat                   | Tangki Kaporit                                                                                   |
| Kode                        | (TU – 03)                                                                                        |
| Fungsi                      | Menampung kebutuhan kaporit selama 1 bulan yang akan dimasukkan kedalam tangki klorinasi (TU-03) |
| Waktu tinggal               | 4 minggu                                                                                         |
| Bentuk                      | Silinder tegak                                                                                   |
| Kebutuhan kaporit           | 0,1376 kg                                                                                        |
| Kebutuhan kaporit (30 hari) | 99,0378 kg                                                                                       |
| <i>Over design</i>          | 20 %                                                                                             |
| <b>Dimensi</b>              |                                                                                                  |
| Volume                      | 0,0506 m <sup>3</sup>                                                                            |
| Diameter                    | 0,4009 m                                                                                         |
| Tinggi                      | 0,8018 m                                                                                         |

## 3. Tangki Air Bersih (TU – 04)

Tabel 5.19 Spesifikasi Tangki Air Bersih

| <b>Spesifikasi umum</b> |                                                       |
|-------------------------|-------------------------------------------------------|
| Nama alat               | Tangki air bersih                                     |
| Kode                    | (TU – 04)                                             |
| Fungsi                  | Menampung air untuk keperluan kantir dan rumah tangga |
| Waktu tinggal           | 24 Jam                                                |

|                    |                             |
|--------------------|-----------------------------|
| Bentuk             | Tangki silinder tegak       |
| <i>Over design</i> | 20 %                        |
| <b>Dimensi</b>     |                             |
| Volume             | 551,0075 m <sup>3</sup>     |
| Diameter           | 8,8872 m                    |
| Tinggi             | 8,8872 m                    |
| Kapasitas          | 19,1322 m <sup>3</sup> /jam |

#### 4. Tangki Air Service (TU – 05)

Tabel 5.20 Spesifikasi Tangki Air Service

|                         |                                            |
|-------------------------|--------------------------------------------|
| <b>Spesifikasi umum</b> |                                            |
| Nama alat               | Tangki air service                         |
| Kode                    | (TU – 05)                                  |
| Fungsi                  | Menampung air untuk keperluan layanan umum |
| Waktu tinggal           | 24 Jam                                     |
| Bentuk                  | Tangki silinder tegak                      |
| <i>Over design</i>      | 20 %                                       |
| <b>Dimensi</b>          |                                            |
| Volume                  | 14,4000 m <sup>3</sup>                     |
| Diameter                | 2,6373 m                                   |
| Tinggi                  | 2,6373 m                                   |
| Kapasitas               | 0,5000 m <sup>3</sup> /jam                 |

### 5.8.3 Pengolahan Air Pendingin

#### 1. Bak Air Pendingin (BU – 04)

Tabel 5.21 Spesifikasi Bak Air Pendingin

| <b>Spesifikasi umum</b> |                                              |
|-------------------------|----------------------------------------------|
| Nama alat               | Bak air pendingin                            |
| Kode                    | (BU – 04)                                    |
| Fungsi                  | Menampung kebutuhan air pendingin dan proses |
| Waktu tinggal           | 24 Jam                                       |
| Bentuk                  | Bak persegi panjang                          |
| <i>Over design</i>      | 20 %                                         |
| <b>Dimensi</b>          |                                              |
| Volume                  | 1,0458 m <sup>3</sup>                        |
| Tinggi                  | 0,6394 m                                     |
| Panjang                 | 1,2789 m                                     |
| Lebar                   | 1,2789 m                                     |
| Kapasitas               | 0,0872 m <sup>3</sup> /jam                   |

## 2. Cooling Tower (CT – 01)

Tabel 5.22 Spesifikasi *Cooling Tower*

| <b>Spesifikasi umum</b>     |                                              |
|-----------------------------|----------------------------------------------|
| Nama alat                   | <i>Cooling tower</i>                         |
| Kode                        | (CT – 01)                                    |
| Fungsi                      | Mendinginkan air pendingin setelah digunakan |
| Luas <i>tower</i>           | 0,0002 m <sup>2</sup>                        |
| <i>Mass velocity liquid</i> | 869,0622 lb/jam.ft <sup>2</sup>              |
| Kebutuhan udara             | 0,5058 ft <sup>3</sup> /min                  |
| <b>Dimensi</b>              |                                              |
| Tinggi                      | 2,0471 m                                     |
| Panjang                     | 0,0154 m                                     |
| Lebar                       | 0,0154 m                                     |
| <b>Difusi Unit</b>          |                                              |
| H1                          | 44,1 Btu/lb                                  |
| H2                          | 75,0 Btu/lb                                  |
| <b>Tinggi difusi</b>        |                                              |
| Tinggi unit difusi          | 0,8830 m                                     |
| Jumlah <i>spray</i>         | 10 buah                                      |
| Kecepatan volumetrik udara  | 869,0622 lb/jam.ft <sup>2</sup>              |

### 3. *Blower Cooling Tower* (BL – 01)

Tabel 5.23 Spesifikasi *Blower Cooling Tower*

| Spesifikasi umum |                                                                               |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Nama alat        | <i>Blower Cooling Tower</i>                                                   |
| Kode             | (BL – 01)                                                                     |
| Fungsi           | Menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan dengan air yang akan didinginkan |
| Kebutuhan udara  | 30,3491 ft <sup>3</sup> /jam                                                  |
| Suhu             | 30 °C                                                                         |
| Tekanan          | 14,70 psi                                                                     |

### 2. 5.8.4 Pengolahan Air Proses

### 3. *Mixed Bed* (TU – 05)

Tabel 5.24 Spesifikasi *Mixed Bed*

| Spesifikasi umum   |                                                                                                                                  |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nama alat          | <i>Mixed Bed</i>                                                                                                                 |
| Kode               | (TU – 02)                                                                                                                        |
| Fungsi             | Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation seperti Ca dan Mg, serta anion Cl, SO <sub>4</sub> , dan NO <sub>3</sub> |
| Waktu tinggal      | 17 Jam                                                                                                                           |
| Bentuk             | Silinder tegak                                                                                                                   |
| <i>Over design</i> | 20 %                                                                                                                             |

**Dimensi**

|                   |                       |
|-------------------|-----------------------|
| <i>Volume bed</i> | 2,0427 m <sup>3</sup> |
| Diameter tangki   | 1,3648 m              |
| Tinggi <i>bed</i> | 1,3970 m              |
| Kapasitas         | 62,9552 gpm           |

---

**4. Tangki NaCl (T – 02)**

Tabel 5.25 Spesifikasi Tangki NaCl

---

|                         |                                                                                       |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Spesifikasi umum</b> |                                                                                       |
| Nama alat               | Tangki NaCl                                                                           |
| Kode                    | (T – 02)                                                                              |
| Fungsi                  | Menampung larutan NaCl yang akan digunakan untuk meregenerasi kation <i>exchanger</i> |
| Bentuk                  | Tangki silinder                                                                       |
| <i>Over design</i>      | 20 %                                                                                  |
| <b>Dimensi</b>          |                                                                                       |
| <i>Volume</i>           | 8,1801 m <sup>3</sup>                                                                 |
| Diameter                | 2,1842 m                                                                              |
| Tinggi                  | 2,184 m                                                                               |

---



## 5. Tangki NaOH (T – 03)

Tabel 5.26 Spesifikasi Tangki NaOH

| <b>Spesifikasi umum</b> |                                                                                      |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Nama alat               | Tangki NaOH                                                                          |
| Kode                    | (T – 03)                                                                             |
| Fungsi                  | Menampung larutan NaOH yang akan digunakan untuk meregenarasi anion <i>exchanger</i> |
| Bentuk                  | Tangki silinder                                                                      |
| <i>Over design</i>      | 20 %                                                                                 |
| <b>Dimensi</b>          |                                                                                      |
| <i>Volume</i>           | 16,5572 m <sup>3</sup>                                                               |
| Diameter                | 2,763 m                                                                              |
| Tinggi                  | 2,763 m                                                                              |

## 6. Tangki *Dearator* (De)

Tabel 5.27 Spesifikasi Tangki *Dearator*

| <b>Spesifikasi umum</b> |                                                                                                                                       |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nama alat               | Tangki <i>Deaderator</i>                                                                                                              |
| Kode                    | (De)                                                                                                                                  |
| Fungsi                  | Menghilangkan gas CO <sub>2</sub> dan O <sub>2</sub> yang terikat dalam <i>feed water</i> yang menyebabkan kerak pada <i>reboiler</i> |
| Waktu tinggal           | 1 Jam                                                                                                                                 |
| Bentuk                  | Tangki silinder tegak                                                                                                                 |
| <i>Over design</i>      | 20 %                                                                                                                                  |

**Dimensi**

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| <i>Volume</i> | 68,6337 m <sup>3</sup>      |
| Diameter      | 4,4384 m                    |
| Tinggi        | 8,8767 m                    |
| Kapasitas     | 28,5974 m <sup>3</sup> /jam |

---

**7. Tangki N<sub>2</sub>H<sub>4</sub> (T – 09)**Tabel 5.28 Spesifikasi Tangki N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>**Spesifikasi umum**

|                    |                                                |
|--------------------|------------------------------------------------|
| Nama alat          | Tangki N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>           |
| Kode               | (T – 09)                                       |
| Fungsi             | Menyimpan tangki N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> |
| Waktu tinggal      | 2 bulan                                        |
| Bentuk             | Silinder tegak                                 |
| <i>Over design</i> | 20 %                                           |

**Dimensi**

|               |                        |
|---------------|------------------------|
| <i>Volume</i> | 34,8821 m <sup>3</sup> |
| Diameter      | 3,5420 m               |
| Tinggi        | 7,0839 m               |

---

## 8. Bak Air Pendingin (B – 05)

Tabel 5.29 Bak Air Pendingin

| <b>Spesifikasi umum</b> |                                                                             |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Nama alat               | Bak Air Pendingin                                                           |
| Kode                    | (B – 05)                                                                    |
| Fungsi                  | Menampung air <i>makeup</i> dan air pendingin proses yang sudah didinginkan |
| Bentuk                  | Bak persegi panjang                                                         |
| <i>Over design</i>      | 20 %                                                                        |
| <b>Dimensi</b>          |                                                                             |
| <i>Volume</i>           | 1,0458 m <sup>3</sup>                                                       |
| Panjang                 | 1,2789 m                                                                    |
| Lebar                   | 1,2789 m                                                                    |

## 9. Tangki Umpan Boiler (T – 06)

Tabel 5.30 Spesifikasi Tangki Umpan Boiler

| <b>Spesifikasi umum</b> |                                                                  |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Nama alat               | Tangki Umpan Boiler                                              |
| Kode                    | (T – 06)                                                         |
| Fungsi                  | Mencampur kondensat sirkulasi dan <i>makeup</i> air umpan boiler |
| Waktu tinggal           | 1 Jam                                                            |
| Bentuk                  | Tangki silinder tegak                                            |
| <i>Over design</i>      | 20 %                                                             |
| <b>Dimensi</b>          |                                                                  |

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| <i>Volume</i> | 17,1584 m <sup>3</sup>      |
| Diameter      | 2,7960 m                    |
| Tinggi        | 2,7960 m                    |
| Kapasitas     | 14,2987 m <sup>3</sup> /jam |

#### 10. Tangki Air Demin (TU – 09)

Tabel 5.32 Spesifikasi Tangki Air Demin

| <b>Spesifikasi umum</b> |                                                             |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Nama alat               | Tangki Air Demin                                            |
| Kode                    | (TU – 09)                                                   |
| Fungsi                  | Menampung air bebas mineral sebagai air umpan <i>boiler</i> |
| Waktu tinggal           | 24 Jam                                                      |
| Bentuk                  | Tangki silinder tegak                                       |
| <i>Over design</i>      | 20 %                                                        |
| <b>Dimensi</b>          |                                                             |
| <i>Volume</i>           | 411,8020 m <sup>3</sup>                                     |
| Diameter                | 8,0650 m                                                    |
| Tinggi                  | 8,0650 m                                                    |
| Kapasitas               | 14,2987 m <sup>3</sup> /jam                                 |

Tabel 5.33 Spesifikasi Pompa Utilitas (Jumlah Alat = 21)

| <b>Parameter</b>      | <b>PU - 01</b>                                 | <b>PU - 02</b>                                                                                                        | <b>PU - 03</b>                                                                                        |
|-----------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fungsi                | Mengalirkan air sungai menuju <i>screening</i> | Mengalirkan air sungai dari <i>screener</i> (FU – 01) ke <i>reservoir</i> (Bak Pengendapan Awal/Sedimentasi) (B – 01) | Mengalirkan air dan bak pengendapan (B – 01) menuju bak penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi) (B – 02) |
| Jenis                 | <i>Centrifugal Pump</i>                        | <i>Centrifugal Pump</i>                                                                                               | <i>Centrifugal Pump</i>                                                                               |
| Bahan                 | <i>Commercial Steel</i>                        | <i>Commercial Steel</i>                                                                                               | <i>Commercial Steel</i>                                                                               |
| <i>Impeller</i>       | <i>Mixed Flow Impeller</i>                     | <i>Mixed Flow Impeller</i>                                                                                            | <i>Mixed Flow Impeller</i>                                                                            |
| Kapasitas             | 127,7763 gpm                                   | 121,3875 gpm                                                                                                          | 127,7763 gpm                                                                                          |
| Rate volumetrik       | 0,2847 ft <sup>3</sup> /s                      | 0,2705 ft <sup>3</sup> /s                                                                                             | 0,2847 ft <sup>3</sup> /s                                                                             |
| Kecepatan aliran      | 3,2219 ft/s                                    | 3,0608 ft/s                                                                                                           | 3,2219 ft/s                                                                                           |
| <b>Dimensi Pipa :</b> |                                                |                                                                                                                       |                                                                                                       |
| IPS                   | 4 in                                           | 4 in                                                                                                                  | 4 in                                                                                                  |
| Flow Area             | 4,5 in <sup>2</sup>                            | 4,5 in <sup>2</sup>                                                                                                   | 12,7 in <sup>2</sup>                                                                                  |
| Sch.Number            | 40                                             | 40                                                                                                                    | 40                                                                                                    |
| <b>Head pompa</b>     |                                                |                                                                                                                       |                                                                                                       |
| Efisiensi motor       | 80 %                                           | 80 %                                                                                                                  | 80 %                                                                                                  |
| <i>Power Pompa</i>    | 0,7872 HP                                      | 0,7476 HP                                                                                                             | 1,3436 HP                                                                                             |
| <i>Power Motor</i>    | 1 HP                                           | 1 HP                                                                                                                  | 2 HP                                                                                                  |

Tabel 5.34 Spesifikasi Pompa Utilitas

| <b>Parameter</b>       | <b>PU - 04</b>                                                                                                       | <b>PU - 05</b>                                                                                       | <b>PU - 06</b>                                                              |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Fungsi                 | Mengalirkan larutan alum 5 % dari tangki larutan alum (TU – 01) ke bak penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi) (B – 02) | Mengalirkan air dari bak penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi) (B – 02) ke bak pengendap I ( BU – 01) | Mengalirkan air dan bak pengendap I (BU – 01) ke bak pengendap II (BU – 02) |
| Jenis                  | <i>Centrifugal Pump</i>                                                                                              | <i>Centrifugal Pump</i>                                                                              | <i>Centrifugal Pump</i>                                                     |
| Bahan                  | <i>Commercial Steel</i>                                                                                              | <i>Commercial Steel</i>                                                                              | <i>Commercial Steel</i>                                                     |
| <i>Impeller</i>        | <i>Mixed Flow Impeller</i>                                                                                           | <i>Mixed Flow Impeller</i>                                                                           | <i>Mixed Flow Impeller</i>                                                  |
| Kapasitas              | 0,0178 gpm                                                                                                           | 115,3181 gpm                                                                                         | 115,3181 gpm                                                                |
| <i>Rate volumetrik</i> | $4 \times 10^{-5} \text{ ft}^3/\text{s}$                                                                             | $0,2569 \text{ ft}^3/\text{s}$                                                                       | $0,2569 \text{ ft}^3/\text{s}$                                              |
| Kecepatan aliran       | 0,1008 ft/s                                                                                                          | 2,9078 ft/s                                                                                          | 2,9078 ft/s                                                                 |
| <b>Dimensi Pipa :</b>  |                                                                                                                      |                                                                                                      |                                                                             |
| IPS                    | 0,13 in                                                                                                              | 4 in                                                                                                 | 4 in                                                                        |
| Flow Area              | 0,058 in <sup>2</sup>                                                                                                | 12,7 in <sup>2</sup>                                                                                 | 12,7 in <sup>2</sup>                                                        |
| Sch.Number             | 40                                                                                                                   | 40                                                                                                   | 40                                                                          |
| <b>Head pompa</b>      |                                                                                                                      |                                                                                                      |                                                                             |
| Efisiensi motor        | 80 %                                                                                                                 | 80 %                                                                                                 | 80 %                                                                        |
| <i>Power Pompa</i>     | 0,0002 HP                                                                                                            | 1,0250 HP                                                                                            | 0,9465 HP                                                                   |
| <i>Power Motor</i>     | 0,05 HP                                                                                                              | 2 HP                                                                                                 | 1,5 HP                                                                      |

Tabel 5.35 Spesifikasi Pompa Utilitas

| Parameter              | PU - 07                                                                           | P - 08                                                                                   | P - 09                                                                         |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Fungsi                 | Mengalirkan air dari bak pengendapan II (BU – 02) ke <i>sand filter</i> (FU – 02) | Mengalirkan air dari <i>sand filter</i> (FU – 02) ke bak penampungan sementara (BU – 03) | Mengalirkan air dari bak penampungan sementara (BU – 03) ke area kebutuhan air |
| Jenis                  | <i>Centrifugal Pump</i>                                                           | <i>Centrifugal Pump</i>                                                                  | <i>Centrifugal Pump</i>                                                        |
| Bahan                  | <i>Commercial Steel</i>                                                           | <i>Commercial Steel</i>                                                                  | <i>Commercial Steel</i>                                                        |
| <i>Impeller</i>        | <i>Mixed Flow Impeller</i>                                                        | <i>Mixed Flow Impeller</i>                                                               | <i>Mixed Flow Impeller</i>                                                     |
| Kapasitas              | 98,8709 gpm                                                                       | 98,8842 gpm                                                                              | 98,8842 gpm                                                                    |
| <i>Rate volumetrik</i> | 0,2203 ft <sup>3</sup> /s                                                         | 0,2203 ft <sup>3</sup> /s                                                                | 0,2203 ft <sup>3</sup> /s                                                      |
| Kecepatan aliran       | 2,4931 ft/s                                                                       | 2,4934 ft/s                                                                              | 2,4934 ft/s                                                                    |
| <b>Dimensi Pipa :</b>  |                                                                                   |                                                                                          |                                                                                |
| IPS                    | 4 in                                                                              | 4 in                                                                                     | 4 in                                                                           |
| Flow Area              | 12,7 in <sup>2</sup>                                                              | 12,7 in <sup>2</sup>                                                                     | 12,7 in <sup>2</sup>                                                           |
| Sch.Number             | 40                                                                                | 40                                                                                       | 40                                                                             |
| <b>Head pompa</b>      |                                                                                   |                                                                                          |                                                                                |
| Efisiensi motor        | 80 %                                                                              | 80 %                                                                                     | 80 %                                                                           |
| <i>Power Pompa</i>     | 0,1497 HP                                                                         | 0,1695 HP                                                                                | 1,1695 HP                                                                      |
| <i>Power Motor</i>     | 0,25 HP                                                                           | 1,5 HP                                                                                   | 2 HP                                                                           |

Tabel 5.36 Spesifikasi Pompa Utilitas

| <b>Parameter</b>       | <b>PU - 10</b>                                                                  | <b>PU - 11</b>                                                                | <b>PU - 12</b>                                                   |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Fungsi                 | Mengalirkan kaporit dari tangki kaporit (TU – 03) ke tangki klorinasi (TU – 02) | Mengalirkan air dari tangki klornasi (TU – 02) ke tangki air bersih (TU – 04) | Mengalirkan air dari tangki air bersih (T – 01) ke area domestik |
| Jenis                  | <i>Centrifugal Pump</i>                                                         | <i>Centrifugal Pump</i>                                                       | <i>Centrifugal Pump</i>                                          |
| Bahan                  | <i>Commercial Steel</i>                                                         | <i>Commercial Steel</i>                                                       | <i>Commercial Steel</i>                                          |
| <i>Impeller</i>        | <i>Radial Flow Impeller</i>                                                     | <i>Radial Flow Impeller</i>                                                   | <i>Radial Flow Impeller</i>                                      |
| Kapasitas              | 0,5119 gpm                                                                      | 98,8842 gpm                                                                   | 98,8842 gpm                                                      |
| <i>Rate volumetrik</i> | 0,0011 ft <sup>3</sup> /s                                                       | 0,2203 ft <sup>3</sup> /s                                                     | 0,2203 ft <sup>3</sup> /s                                        |
| Kecepatan aliran       | 0,8608 ft/s                                                                     | 2,4934 ft/s                                                                   | 2,4934 ft/s                                                      |
| <b>Dimensi Pipa :</b>  |                                                                                 |                                                                               |                                                                  |
| IPS                    | 0,38 in                                                                         | 4 in                                                                          | 4 in                                                             |
| Flow Area              | 0,19 in <sup>2</sup>                                                            | 12,7 in <sup>2</sup>                                                          | 12,7 in <sup>2</sup>                                             |
| Sch.Number             | 40                                                                              | 40                                                                            | 40                                                               |
| <b>Head pompa</b>      |                                                                                 |                                                                               |                                                                  |
| Efisiensi motor        | 80 %                                                                            | 80 %                                                                          | 80 %                                                             |
| <i>Power Pompa</i>     | 0,0097 HP                                                                       | 1,1695 HP                                                                     | 1,1695 HP                                                        |
| <i>Power Motor</i>     | 0,05 HP                                                                         | 1,5 HP                                                                        | 1,5 HP                                                           |



Tabel 5.37 Spesifikasi Pompa Utilitas

| <b>Parameter</b>       | <b>PU - 13</b>                                                                                | <b>PU - 14</b>                                                                  | <b>PU - 15</b>                                                                                             |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fungsi                 | Mengalirkan air dari tangki air <i>service</i> (TU – 04) ke area kebutuhan air <i>service</i> | Mengalirkan air dari bak air dingin (BU – 04) ke <i>cooling tower</i> (CT – 01) | Mengalirkan air dingin dari <i>cooling tower</i> (CT – 01) ke <i>recycle</i> dari bak air dingin (BU – 04) |
| Jenis                  | <i>Centrifugal Pump</i>                                                                       | <i>Centrifugal Pump</i>                                                         | <i>Centrifugal Pump</i>                                                                                    |
| Bahan                  | <i>Commercial Steel</i>                                                                       | <i>Commercial Steel</i>                                                         | <i>Commercial Steel</i>                                                                                    |
| <i>Impeller</i>        | <i>Radial Flow Impeller</i>                                                                   | <i>Mixed Flow Impeller</i>                                                      | <i>Mixed Flow Impeller</i>                                                                                 |
| Kapasitas              | 2,5842 gpm                                                                                    | 0,4504 gpm                                                                      | 895,0657 gpm                                                                                               |
| <i>Rate</i> volumetrik | 0,0058 ft <sup>3</sup> /s                                                                     | 0,0010 ft <sup>3</sup> /s                                                       | 1,9942 ft <sup>3</sup> /s                                                                                  |
| Kecepatan aliran       | 1,5556 ft/s                                                                                   | 2,5441 ft/s                                                                     | 3,6436 ft/s                                                                                                |
| <b>Dimensi Pipa :</b>  |                                                                                               |                                                                                 |                                                                                                            |
| IPS                    | 0,824 in                                                                                      | 0,13 in                                                                         | 10 in                                                                                                      |
| Flow Area              | 1,05 in <sup>2</sup>                                                                          | 0,06 in <sup>2</sup>                                                            | 78,80 in <sup>2</sup>                                                                                      |
| Sch.Number             | 40                                                                                            | 40                                                                              | 40                                                                                                         |
| <b>Head pompa</b>      |                                                                                               |                                                                                 |                                                                                                            |
| Efisiensi motor        | 80 %                                                                                          | 80 %                                                                            | 18 %                                                                                                       |
| <i>Power</i> Pompa     | 0,0697 HP                                                                                     | 0,0652 HP                                                                       | 0,2250 HP                                                                                                  |
| <i>Power</i> Motor     | 0,13 HP                                                                                       | 0,083 HP                                                                        | 0,33 HP                                                                                                    |

Tabel 5.38 Spesifikasi Pompa Utilitas

| <b>Parameter</b>      | <b>PU - 16</b>                                                                   | <b>PU - 17</b>                                                         | <b>PU - 18</b>                                                         |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Fungsi                | Mengalirkan NaCl dari tangki larutan NaCl (T – 02) ke <i>mixed bed</i> (TU – 05) | Mengalirkan air dari mixed bed (TU – 05) ke tangki air demin (TU – 08) | Mengalirkan air dari tangki air demin (TU – 06) ke Deaerator (De – 01) |
| Jenis                 | <i>Centrifugal Pump</i>                                                          | <i>Centrifugal Pump</i>                                                | <i>Centrifugal Pump</i>                                                |
| Bahan                 | <i>Commercial Steel</i>                                                          | <i>Commercial Steel</i>                                                | <i>Commercial Steel</i>                                                |
| <i>Impeller</i>       | <i>Radial Flow Impeller</i>                                                      | <i>Radial Flow Impeller</i>                                            | <i>Radial Flow Impeller</i>                                            |
| Kapasitas             | 5,9190 gpm                                                                       | 5,9190 gpm                                                             | 73,9023 gpm                                                            |
| Rate volumetrik       | 0,0132 ft <sup>3</sup> /s                                                        | 0,0132 ft <sup>3</sup> /s                                              | 0,1647 ft <sup>3</sup> /s                                              |
| Kecepatan aliran      | 2,1984 ft/s                                                                      | 2,1984 ft/s                                                            | 7,0695 ft/s                                                            |
| <b>Dimensi Pipa :</b> |                                                                                  |                                                                        |                                                                        |
| IPS                   | 1 in                                                                             | 1 in                                                                   | 2 in                                                                   |
| Flow Area             | 0,86 in <sup>2</sup>                                                             | 0,86 in <sup>2</sup>                                                   | 3,35 in <sup>2</sup>                                                   |
| Sch.Number            | 40                                                                               | 40                                                                     | 40                                                                     |
| <b>Head pompa</b>     |                                                                                  |                                                                        |                                                                        |
| Efisiensi motor       | 5 %                                                                              | 15 %                                                                   | 15 %                                                                   |
| <i>Power Pompa</i>    | 0,0035 HP                                                                        | 0,1401 HP                                                              | 0,0814 HP                                                              |
| <i>Power Motor</i>    | 0,05 HP                                                                          | 0,25 HP                                                                | 0,125 HP                                                               |

Tabel 5.39 Spesifikasi Pompa Utilitas

| <b>Parameter</b>      | <b>PU - 19</b>                                                                                                              | <b>PU - 20</b>                                               |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Fungsi                | Mengalirkan N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> dari tangki larutan N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (T – 09) ke Deaerator (De – 01) | Mengalirkan air dari Deaerator (De – 01) ke boiler (Bo – 01) |
| Jenis                 | <i>Centrifugal Pump</i>                                                                                                     | <i>Centrifugal Pump</i>                                      |
| Bahan                 | <i>Commercial Steel</i>                                                                                                     | <i>Commercial Steel</i>                                      |
| <i>Impeller</i>       | <i>Radial Flow Impeller</i>                                                                                                 | <i>Radial Flow Impeller</i>                                  |
| Kapasitas             | 73,9023 gpm                                                                                                                 | 88,6828 gpm                                                  |
| Rate volumetrik       | 0,1647 ft <sup>3</sup> /s                                                                                                   | 0,1976 ft <sup>3</sup> /s                                    |
| Kecepatan aliran      | 7,0695 ft/s                                                                                                                 | 2,2362 ft/s                                                  |
| <b>Dimensi Pipa :</b> |                                                                                                                             |                                                              |
| IPS                   | 2 in                                                                                                                        | 4 in                                                         |
| Flow Area             | 3,35 in <sup>2</sup>                                                                                                        | 12,7 in <sup>2</sup>                                         |
| Sch.Number            | 40                                                                                                                          | 40                                                           |
| <b>Head pompa</b>     |                                                                                                                             |                                                              |
| Efisiensi motor       | 5 %                                                                                                                         | 15 %                                                         |
| <i>Power Pompa</i>    | 0,00001 HP                                                                                                                  | 0,0814 HP                                                    |
| <i>Power Motor</i>    | 0,05 HP                                                                                                                     | 0,125 HP                                                     |

## BAB VI

### EVALUASI EKONOMI

#### 6.1 Evaluasi Ekonomi

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

Dalam evaluasi ekonomi ini faktor-faktor yang ditinjau adalah:

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

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

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

Meliputi:

- a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)

- b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)
- 2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*)

Meliputi:

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

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap:

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

## **6.2 Penaksiran Harga Alat**

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

Pabrik asam akrilat beroperasi selama satu tahun produksi yaitu 330 hari dan tahun evaluasi pada tahun 2026. Di dalam analisa ekonomi harga-harga alat maupun harga-harga lain diperhitungkan pada tahun analisa. Untuk mencari harga pada tahun analisa, maka dicari indeks pada tahun analisa.

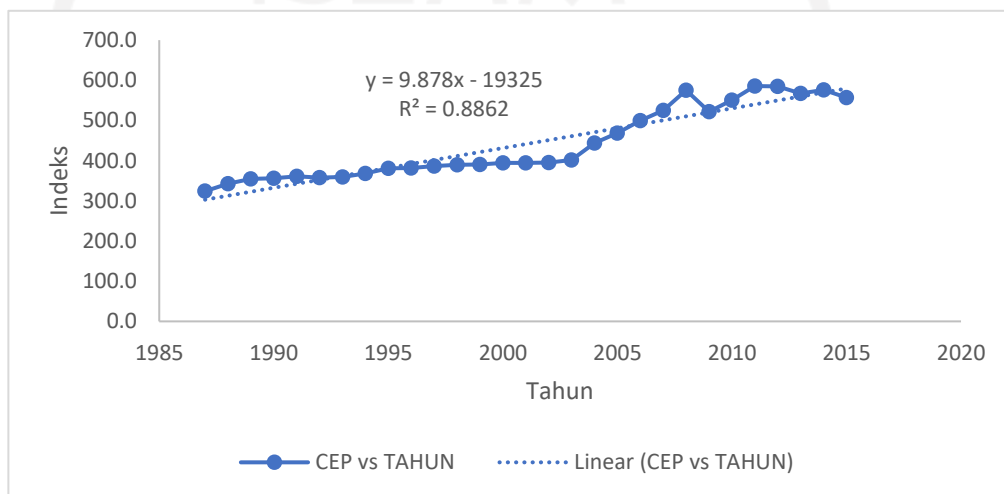
Harga indeks tahun 2026 diperkirakan secara garis besar dengan data indeks dari tahun 1987 sampai 2015 dan ditentukan dengan persamaan regresi linier.

Berikut adalah indeks harga yang di dalam Teknik kimia disebut CEP indeks atau *Chemical Engineering Plant Cost Index* (CEPCI).

**Tabel 6. 1 Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI)**

| No | (Xi) | Indeks (Yi) |
|----|------|-------------|
| 1  | 1970 | 125,7       |
| 2  | 1971 | 132,3       |
| 3  | 1972 | 137,2       |
| 4  | 1973 | 144,1       |
| 5  | 1974 | 165,4       |
| 6  | 1975 | 182,4       |
| 7  | 1976 | 192,1       |
| 8  | 1977 | 204,1       |
| 9  | 1978 | 218,8       |
| 10 | 1979 | 238,7       |
| 11 | 1980 | 261,2       |
| 12 | 1981 | 297,0       |
| 13 | 1982 | 314,0       |
| 14 | 1983 | 317,0       |
| 15 | 1984 | 322,7       |
| 16 | 1985 | 325,3       |
| 17 | 1986 | 318,4       |
| 18 | 1987 | 323,8       |
| 19 | 1988 | 342,5       |
| 20 | 1989 | 355,4       |
| 21 | 1990 | 357,6       |
| 22 | 1991 | 361,3       |
| 23 | 1992 | 358,2       |
| 24 | 1993 | 359,2       |
| 25 | 1994 | 368,1       |

|    |      |       |
|----|------|-------|
| 26 | 1995 | 381,1 |
| 27 | 1996 | 381,7 |
| 28 | 1997 | 386,5 |
| 29 | 1998 | 389,5 |
| 30 | 1999 | 390,6 |
| 31 | 2000 | 394,1 |



**Gambar 6.1 Grafik Index Harga Alat**

([www.chemengonline.com/pci](http://www.chemengonline.com/pci))

Persamaan yang diperoleh adalah:  $y = 9,878 x - 19325$

Dengan menggunakan persamaan diatas dapat dicari harga indeks pada tahun perancangan, sehingga indeks pada tahun 2026 sebesar = \$680,831. Harga-harga alat lainnya diperhitungkan pada tahun evaluasi. Selain itu, harga alat dan lainnya ditentukan juga dengan referensi (Klaus D. Timmerhaus & Max S. Peters, 1991). Maka harga alat pada tahun evaluasi dapat dicari dengan persamaan:

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

(Aries dan Newton, 1955)

Dalam hubungan ini:

$E_x$  : Harga pembelian pada tahun 2022

$E_y$  : Harga pembelian pada tahun referensi 2014

$N_x$  : Index harga pada tahun 2014

$N_y$  : Index harga pada tahun referensi 2022

### 6.3 Dasar Perhitungan

|                               |                      |
|-------------------------------|----------------------|
| Kapasitas produk asam akrilat | = 120.000 ton/tahun  |
| Satu tahun operasi            | = 330 hari           |
| Umur pabrik                   | = 10 tahun           |
| Pabrik didirikan pada tahun   | = 2026               |
| Kurs mata uang tahun 2022     | = 1 US\$ = Rp 14.957 |

### 6.4 Perhitungan Biaya

#### 1. Capital Investment

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

##### a. Fixed Capital Investment

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



*b. Working Capital Investment*

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

**2. *Manufacturing Cost***

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

*a. Direct Cost*

*Direct Cost* adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

*b. Indirect Cost*

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

*c. Fixed Cost*

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

**3. *General Expense***

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

## 6.5 Analisa Kelayakan

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

### 1. *Percent Return On Investment (ROI)*

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

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

Keuntungan di hitung berdasarkan penjualan tahunan atau annual sales ( $S_a$ ) dan total manufacturing cost. Finance akan dihitung sebagai komponen yang berisi pengembalian hutang selama pembangunan pabrik. Finance akan berkontribusi terhadap cash flow dari pabrik. Pabrik dengan resiko yang cenderung rendah mempunyai minimum ROI before tax sebesar 11% sedangkan pabrik dengan resiko tinggi mempunyai nilai minimum ROI before tax sebesar 44%.

### 2. *Pay Out Time (POT)*

*Pay Out Time (POT)* adalah:

- a. Jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang

diperlukan untuk kembalinya *Capital Investment* dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.

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

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

### 3. *Break Even Point* (BEP)

*Break Even Point* (BEP) adalah:

- a. Titik impas produksi (suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian).
- b. Titik yang menunjukkan pada tingkat berapa biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan BEP kita dapat menentukan harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga serta unit penjualan yang harus dicapai agar mendapat keuntungan.

- c. Kapasitas produksi pada saat *sales* sama dengan *total cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi di bawah BEP dan akan untung jika beroperasi di atas BEP.
- d. Nilai BEP pada umumnya memiliki nilai berkisar 40% - 60%

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

Dalam hal ini :

- Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum
- Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum
- Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum
- Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

#### 4. *Shut Down Point (SDP)*

*Shut Down Point (SDP)* adalah:

- a. Suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain *Variable Cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan profit).
- b. Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus berhenti beroperasi atau tutup.

- c. Level produksi di mana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Cost*.
- d. Merupakan titik produksi dimana pabrik mengalami kebangkrutan sehingga pabrik harus berhenti atau tutup.

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

### 5. *Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR)*

*Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR)* adalah:

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

Persamaan untuk menentukan DCFRR :

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

Dimana:

FC : *Fixed capital*

WC : *Working capital*

SV : *Salvage value*

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

N : Umur pabrik = 10 tahun

I : Nilai DCFR

### 6.6 Hasil Perhitungan

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

**Tabel 6. 2 Physical Plant Cost (PPC)**

| No                                      | <i>Type of Capital Investment</i>  |           | <b>Harga (Rp)</b>      |           | <b>Harga (\$)</b> |
|-----------------------------------------|------------------------------------|-----------|------------------------|-----------|-------------------|
| 1                                       | <i>Purchased Equipment cost</i>    | Rp        | 70.286.062.283         | \$        | 4.699.209         |
| 2                                       | <i>Delivered Equipment Cost</i>    | Rp        | 17.571.515.571         | \$        | 1.174.802         |
| 3                                       | Instalasi cost                     | Rp        | 13.617.908.512         | \$        | 910.471           |
| 4                                       | Pemipaan                           | Rp        | 41.246.368.689         | \$        | 2.757.663         |
| 5                                       | Instrumentasi                      | Rp        | 17.972.362.759         | \$        | 1.201.602         |
| 6                                       | Insulasi                           | Rp        | 3.028.338.378          | \$        | 202.470           |
| 7                                       | Listrik                            | Rp        | 7.731.466.851          | \$        | 516.913           |
| 8                                       | Bangunan                           | Rp        | 86.702.000.000         | \$        | 5.796.751         |
| 9                                       | <i>Land &amp; Yard Improvement</i> | Rp        | 157.900.500.000        | \$        | 10.556.963        |
| <b><i>Physical Plant Cost (PPC)</i></b> |                                    | <b>Rp</b> | <b>416.056.523.043</b> | <b>\$</b> | <b>27.816.843</b> |

**Tabel 6. 3 Direct Plant Cost (DPC)**

| No                       | <i>Type of Capital Investment</i> |           | Harga (Rp)             |           | Harga (\$)        |
|--------------------------|-----------------------------------|-----------|------------------------|-----------|-------------------|
| 1                        | Teknik dan Konstruksi             | Rp        | 83.211.304.609         | \$        | 5.563.369         |
| <b>Total (DPC + PPC)</b> |                                   | <b>Rp</b> | <b>499.267.827.651</b> | <b>\$</b> | <b>33.380.212</b> |

**Tabel 6. 4 Fixed Capital Investment (FCI)**

| No                                    | <i>Type of Capital Investment</i> |           | Harga (Rp)             |           | Harga (\$)        |
|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------|------------------------|-----------|-------------------|
| 1                                     | Total DPC + PPC                   | Rp        | 499.267.827.651        | \$        | 33.380.212        |
| 2                                     | Kontraktor                        | Rp        | 34.948.747.936         | \$        | 2.336.615         |
| 3                                     | Biaya tak terduga                 | Rp        | 49.926.782.765         | \$        | 3.338.021         |
| <b>Fixed Capital Investment (FCI)</b> |                                   | <b>Rp</b> | <b>584.143.358.352</b> | <b>\$</b> | <b>39.054.848</b> |

**Tabel 6. 5 Working Capital Investment (WCI)**

| No                          | <i>Type of Expense</i>        |           | Harga (Rp)             |           | Harga (\$)        |
|-----------------------------|-------------------------------|-----------|------------------------|-----------|-------------------|
| 1                           | <i>Raw Material Inventory</i> | Rp        | 88.256.543             | \$        | 5.901             |
| 2                           | <i>In Process Inventory</i>   | Rp        | 114.428.303.668        | \$        | 7.650.485         |
| 3                           | <i>Product Inventory</i>      | Rp        | 83.220.584.486         | \$        | 5.563.989         |
| 4                           | <i>Extended Credit</i>        | Rp        | 115.848.763.636        | \$        | 7.745.455         |
| 5                           | <i>Available Cash</i>         | Rp        | 83.220.584.486         | \$        | 5.563.989         |
| <b>Working Capital (WC)</b> |                               | <b>Rp</b> | <b>396.806.492.819</b> | <b>\$</b> | <b>26.529.818</b> |

**Tabel 6. 6 Direct Manufacturing Cost (DMC)**

| No | <i>Type of Expense</i>     |    | Harga (Rp)      |    | Harga (\$) |
|----|----------------------------|----|-----------------|----|------------|
| 1  | <i>Raw Material</i>        | Rp | 970.821.976     | \$ | 64.908     |
| 2  | <i>Labor</i>               | Rp | 14.673.600.000  | \$ | 981.052    |
| 3  | <i>Supervision</i>         | Rp | 2.201.040.000   | \$ | 147.158    |
| 4  | <i>Maintenance</i>         | Rp | 363.921.312.253 | \$ | 24.331.170 |
| 5  | <i>Plant Supplies</i>      | Rp | 54.588.196.838  | \$ | 3.649.676  |
| 6  | <i>Royalty and Patents</i> | Rp | 12.743.364.000  | \$ | 852.000    |

|                                               |                  |           |                        |           |                   |
|-----------------------------------------------|------------------|-----------|------------------------|-----------|-------------------|
| 7                                             | <i>Utilities</i> | Rp        | 2.952.777.691          | \$        | 197.418           |
| <b><i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i></b> |                  | <b>Rp</b> | <b>452.051.112.758</b> | <b>\$</b> | <b>30.223.381</b> |

**Tabel 6. 7 Indirect Manufacturing Cost (IMC)**

| <b>No</b>                                       | <b><i>Type of Expense</i></b> |           | <b>Harga (Rp)</b>      |           | <b>Harga (\$)</b> |
|-------------------------------------------------|-------------------------------|-----------|------------------------|-----------|-------------------|
| 1                                               | <i>Payroll Overhead</i>       | Rp        | 733.680.000            | \$        | 49.053            |
| 2                                               | <i>Laboratory</i>             | Rp        | 1,467.360.000          | \$        | 98.105            |
| 3                                               | <i>Plant Overhead</i>         | Rp        | 2.934.720.000          | \$        | 196.210           |
| 4                                               | <i>Packaging and Shipping</i> | Rp        | 382.300.920.000        | \$        | 25.560.000        |
| <b><i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i></b> |                               | <b>Rp</b> | <b>387.436.680.000</b> | <b>\$</b> | <b>25.903.368</b> |

**Tabel 6. 8 Fixed Manufacturing Cost (FMC)**

| <b>No</b>                                    | <b><i>Type of Expense</i></b> |           | <b>Harga (Rp)</b>     |           | <b>Harga (\$)</b> |
|----------------------------------------------|-------------------------------|-----------|-----------------------|-----------|-------------------|
| 1                                            | <i>Depreciation</i>           | Rp        | 58.414.335.835        | \$        | 3.905.485         |
| 2                                            | <i>Propertu taxes</i>         | Rp        | 11.682.876.167        | \$        | 781.097           |
| 3                                            | <i>Insurance</i>              | Rp        | 5.841.433.584         | \$        | 390.548           |
| <b><i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i></b> |                               | <b>Rp</b> | <b>75.983.636.586</b> | <b>\$</b> | <b>5.077.130</b>  |

**Tabel 6. 9 General Expense (GE)**

| <b>No</b>                          | <b><i>Type of Expense</i></b> |           | <b>Harga (Rp)</b>      |           | <b>Harga (\$)</b> |
|------------------------------------|-------------------------------|-----------|------------------------|-----------|-------------------|
| 1                                  | <i>Administration</i>         | Rp        | 25.486.728.000         | \$        | 1.704.000         |
| 2                                  | <i>Sales expense</i>          | Rp        | 38.230.092.000         | \$        | 2.556.000         |
| 3                                  | <i>Research</i>               | Rp        | 26.761.064.400         | \$        | 1.789.200         |
| 4                                  | <i>Finance</i>                | Rp        | 19.618.997.023         | \$        | 1.311.693         |
| <b><i>General Expense (GE)</i></b> |                               | <b>Rp</b> | <b>110.096.881.423</b> | <b>\$</b> | <b>7.360.893</b>  |



## 6.7 Hasil Analisa Kelayakan

Penjualan :

### 1. Asam Akrilat

Produksi = 120.000.000 Kg/Tahun

Harga jual = Rp 10.619.675 / Ton

([www.alibaba.com](http://www.alibaba.com))

Total penjualan = Rp 1.274.336.400 /Tahun

Pajak = 20%

Biaya pajak = Rp 49.762.617.846

Keuntungan setelah pajak = Rp 199.050.471.386

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

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

#### A. Return on Investment (ROI)

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

ROI sebelum pajak = 42,59%

ROI setelah pajak = 34,08%

#### B. Pay Out Time (POT)

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

POT sebelum pajak = 2 Tahun

POT setelah pajak = 2,27 Tahun

C. Break Event Point (BEP)

Tabel 6. 10 Annual Fixed Cost (Fa)

| No                     | <i>Type of Expense</i> |           | <b>Harga (Rp)</b>     |           | <b>Harga (\$)</b> |
|------------------------|------------------------|-----------|-----------------------|-----------|-------------------|
| 1                      | <i>Depreciation</i>    | Rp        | 58.414.335.835        | \$        | 3.905.485         |
| 2                      | <i>Property taxes</i>  | Rp        | 11.682.867.167        | \$        | 781.097           |
| 3                      | <i>Insurance</i>       | Rp        | 5.841.433.584         | \$        | 390.548           |
| <b>Fixed Cost (Fa)</b> |                        | <b>Rp</b> | <b>75.938.636.586</b> | <b>\$</b> | <b>5.077.130</b>  |

Tabel 6. 11 Regulated Cost (Ra)

| No                         | <i>Type of Expense</i>  |           | <b>Harga (Rp)</b>      |           | <b>Harga (\$)</b> |
|----------------------------|-------------------------|-----------|------------------------|-----------|-------------------|
| 1                          | <i>Labor cost</i>       | Rp        | 14.673.600.000         | \$        | 981.052           |
| 2                          | <i>Plant overhead</i>   | Rp        | 733.680.000            | \$        | 49.053            |
| 3                          | <i>Payroll overhead</i> | Rp        | 2.201.040.000          | \$        | 147.158           |
| 4                          | <i>Supervision</i>      | Rp        | 2.934.720.000          | \$        | 196.210           |
| 5                          | <i>Laboratory</i>       | Rp        | 1.467.360.000          | \$        | 98.105            |
| 6                          | <i>Administration</i>   | Rp        | 25.486.728.000         | \$        | 1.704.000         |
| 7                          | <i>Finance</i>          | Rp        | 19.618.997.023         | \$        | 1.311.693         |
| 8                          | <i>Sales expense</i>    | Rp        | 38.230.092.000         | \$        | 2.556.000         |
| 9                          | <i>Research</i>         | Rp        | 26.761.064.400         | \$        | 1.789.200         |
| 10                         | <i>Maintenance</i>      | Rp        | 363.921.312.253        | \$        | 24.331.170        |
| 11                         | <i>Plant supplies</i>   | Rp        | 54.588.196.838         | \$        | 3.649.676         |
| <b>Regulated Cost (Ra)</b> |                         | <b>Rp</b> | <b>550.616.790.515</b> | <b>\$</b> | <b>36.813.318</b> |

Tabel 6. 12 Variabel Cost (Va)

| No                        | <i>Type of Expense</i>          |           | <b>Harga (Rp)</b>      |           | <b>Harga (\$)</b> |
|---------------------------|---------------------------------|-----------|------------------------|-----------|-------------------|
| 1                         | <i>Raw material</i>             | Rp        | 970.821.976            | \$        | 64.908            |
| 2                         | <i>Packaging &amp; shipping</i> | Rp        | 369.557.556.000        | \$        | 24.708.000        |
| 3                         | <i>Utilities</i>                | Rp        | 12.743.364.000         | \$        | 852.000           |
| 4                         | <i>Royalties and Patents</i>    | Rp        | 2.952.777.691          | \$        | 197.418           |
| <b>Variable Cost (Va)</b> |                                 | <b>Rp</b> | <b>386.224.519.667</b> | <b>\$</b> | <b>25.822.325</b> |

Dari tabel diatas dapat disimpulkan :

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

$$BEP = 49,22\%$$

D. *Shut Down Point* (SDP)

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

$$SDP = 33,72 \%$$

E. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR)

Umur pabrik = 10 tahun

*FCI* = Rp 584.143.358.352

*Working Capital* = Rp 396.806.492.819

*Salvage Value* (SV) = Rp 58.414.335.835

*Cash Flow* (CF) = Annual Profit + Depresiasi + Finance  
= Rp 277.083.804.245

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

R = S

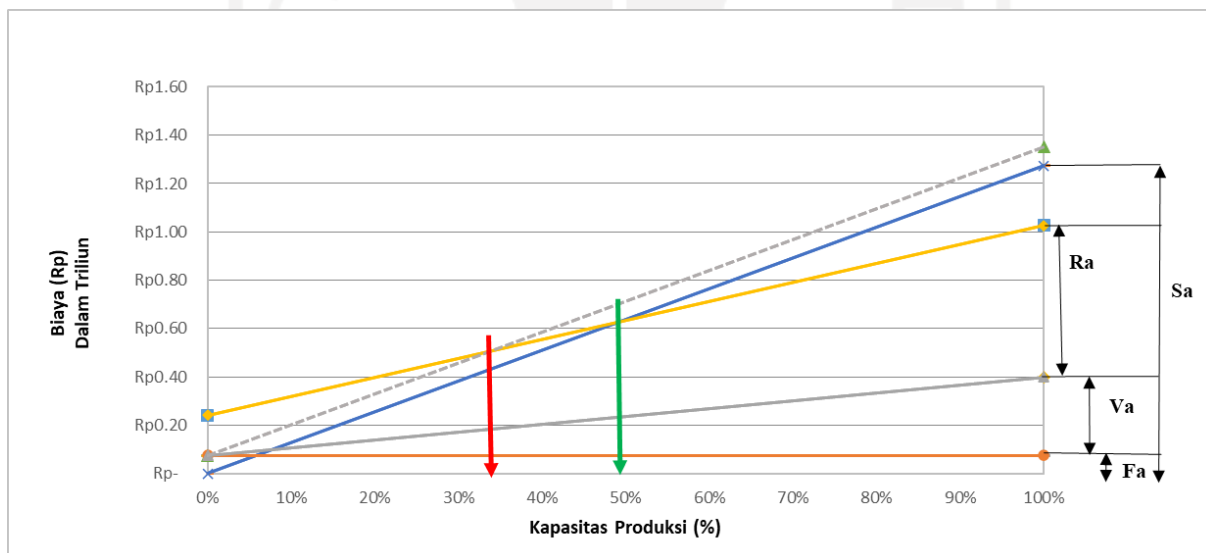
Dengan *trial & error* diperoleh nilai  $i = 28,52\%$

Tabel 6. 13 Analisa Kelayakan

| Parameter                | Terhitung | Pernyataan                                                       | Kriteria                                                                                                      |
|--------------------------|-----------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ROI sebelum pajak</b> | 42,59%    | 1. Pabrik High Risk Minimal 44%<br>2. Parik Low Risk Minimal 11% | Memenuhi (Karena pabrik yang didirikan termasuk High Risk, ditinjau juga dari kondisi operasi yang digunakan) |
| <b>POT sebelum</b>       | 2 tahun   | 1. Pabrik High Risk Minimal 2 tahun                              | Memenuhi (Karena pabrik yang didirikan                                                                        |

|              |        |                                                            |                                                                                |
|--------------|--------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <b>pajak</b> |        | 2. Parik Low Risk<br>Maksimal 5 tahun                      | termasuk High Risk,<br>ditinjau juga dari<br>kondisi operasi yang<br>digunakan |
| <b>BEP</b>   | 49,22% | 40 – 60 %                                                  | Memenuhi                                                                       |
| <b>SDP</b>   | 33,72% | >20 %                                                      | Memenuhi                                                                       |
| <b>DCFR</b>  | 28,52% | $Interest = 1,5 \times$<br>bunga simpanan<br>bank (8,48 %) | Memenuhi                                                                       |

Hasil kalkulasi kelayakan ekonomi pendirian Pabrik Asam akrilat dari Gliserol dapat di pahami melalui grafik Break Event Point berikut :



**Gambar 6 1 Grafik Break Even Point**

## 6.8 Analisa Resiko Pabrik

Untuk mendirikan sebuah pabrik, resiko pabrik perlu diperhatikan apakah pabrik tersebut beresiko rendah (*low risk*) atau beresiko tinggi (*high risk*). Adapun parameter – parameter untuk menentukan pabrik asam akrilat yang akan berdiri termasuk pabrik beresiko rendah (*low risk*) atau beresiko tinggi (*high risk*). Berikut parameter yang dilihat :

## 1. Kondisi Operasi

- Suhu : Suhu tertinggi terdapat pada R-01 dan R-02 yang beroperasi pada suhu 320 °C dan 300 °C
- Tekanan : Tekanan tertinggi terdapat pada R-01 yaitu sebesar 5 atm.

## 2. Karakteristik Bahan Baku dan Produk

- Bahan Baku

Gliserol merupakan cairan bening yang bersifat higroskopis, larut dengan air dan tidak berbau yang biasanya dimanfaatkan dalam industri kosmetik, obat, sabun dan pengatur kandungan air dalam makanan. Selain itu harga bahan baku gliserol juga murah sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku yang baik untuk pembuatan asam akrilat.

- Produk

Produk yang dihasilkan oleh pabrik merupakan asam akrilat yaitu senyawa kimia berbau tajam, tidak berwarna, mudah terbakar dan mudah larut dalam air.

- Sumber Bahan Baku

Bahan baku dari pabrik asam akrilat adalah gliserol yang diperoleh dari PT. Cisadane Raya Chemicals yang terletak di Jalan Imam Bonjol, Kota Tangerang, Banten.

- Limbah Pabrik

Limbah pabrik hasil asam akrilat merupakan hasil bawah

separator 1 berupa campuran gliserol dan air yang akan diteruskan ke unit pengolahan limbah untuk diolah sebelum dijual, serta hasil atas separator 2 berupa O<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> yang akan diolah sebelum dibuang ke udara bebas.

- Hasil Perhitungan Ekonomi

Berdasarkan tabel 6.14 analisa kelayakan ekonomi pabrik asam akrilat memenuhi semua parameter kelayakan ekonomi. Dari hasil analisis ekonomi pabrik diatas, serta dilihat dari temperatur dan tekanan yang digunakan selama proses tidak terlalu tinggi, sehingga dapat disimpulkan bahwa pabrik asam akrilat yang akan berdiri termasuk kedalam pabrik yang memiliki resiko rendah (*low risk*).

## **BAB VII**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

Pabrik Asam Akrilat dengan kapasitas 120.000 ton/tahun ini membutuhkan bahan baku berupa Gliserol dengan jumlah sebesar 23.247 kg/jam.

Berdasarkan perhitungan utilitas yang dilakukan terhadap kebutuhan air, listrik, dan steam. Di dapat bahwa kebutuhan air pabrik secara keseluruhan sebesar 19.119,62 kg/jam dimana masing-masing terdiri dari kebutuhan air untuk proses sebesar 19.119,62 kg/jam, air pendingin sebesar 72,63 kg/jam, air untuk steam sebanyak 14.298,68 kg/jam, dan kebutuhan air untuk domestic sebanyak 1.374 kg/jam. Kebutuhan listrik total untuk alat-alat proses dan keperluan lainnya sebesar 107,81 kW. Dan kebutuhan untuk bahan bakar solar sebesar 877,3 liter/jam.

Selain perhitungan secara teknis, dilakukan juga perhitungan secara ekonomi terhadap tugas prarancangan pabrik ini, dan berdasarkan perhitungan evaluasi ekonomi maka pabrik asam akrilat dari gliserol dengan kapasitas 120.000 ton/tahun ini digolongkan sebagai pabrik beresiko rendah dan layak untuk didirikan. Dengan hasil sebagai berikut :

1. Keuntungan yang diperoleh :

Keuntungan sebelum pajak Rp 248.813.089.232 dan keuntungan sesudah pajak Rp 199.050.471.386

2. *Return On Investment* (ROI)

Presentase ROI sebelum pajak 42,59% dan ROI sesudah pajak 34,08%. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik beresiko rendah minimum 11%.

3. *Pay Out Time* (POT)

POT sebelum pajak selama 2 tahun dan POT sesudah pajak selama 2,27 tahun. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah maksimum adalah 5 tahun.

4. *Break Event Point* (BEP) pada 49,22% dan *Shut Down Point* (SDP) pada 33,72%

5. *Discount Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 28,52%. Syarat minimum DCFR adalah diatas suku bunga pinjaman bank yaitu sebesar 1,5 x suku bunga pinjaman bank.

Dengan mempertimbangkan hasil evaluasi ekonomi di atas, maka pabrik asam akrilat dari gliserol dengan kapasitas 120.000 ton/tahun layak untuk dikaji lebih lanjut dan memenuhi syarat untuk didirikan.



## 6.2 Saran

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

1. Optimasi pemilihan alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga dapat memperoleh keuntungan yang lebih optimal.
2. Perancangan pabrik kimia tentunya perlu memperhatikan produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amin Talebian-Kiakalaieh and Nor Aishah Saidina Amin., 2015, "*Kinetic Modelling, Thermodynamic, and Mass-Transfer Studies of Gas-Phase Glycerol Dehydration to Acrolein over Support Silicotungstic Acid Catalyst*" Universitas Teknologi Malaysia
- Aries and Newton. (1955). "Chemical Engineering Cost Estimation" Mc-Graw Hill Book Company.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2021). <http://www.bps.go.id/> diakses pada tanggal 8 Februari 2022
- Brownell, L.E. and Young, E.H., 1959, "Process Equipment Design", John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Christie J. Geankoplis., 1993, "*Transport Processes and Unit Operations*" Third Edition, Prantice Hall International, Inc. United States of America.
- Coulson, J.M. and Richardson, J.F., 2005, "Chemical Engineering Design", Chemical Engineering vol. 6 4th ed., Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Couper, J. R., Penney, W. R., Fair, J. R., & Walas, S. M. 2012. "Chemical Process Equipment Selection and Design Third Edition". Oxford: Elsevier Inc.
- Evans, F. L., 1979, "Equipment Design Handbook for Refineries and Chemical Plants", Book Division Gulf Pub. Kern, D.Q., 1950, "Process Heat Transfer", New York, McGraw-Hill Book Company Matches. (2014).

Matches. <http://matche.com/equipcost/Default.html> diakses pada 9 September 2022

Harga Alat <http://www.mhhe.com/engcs/chemical/peters/data/ce.html>

diakses pada 9 September 2022

Harga Bahan, [www.indonesian.alibaba.com](http://www.indonesian.alibaba.com) diakses pada 8 September 2022

IHS Markit 2020, diakses pada 20 Februari 2022

<https://ihsmarkit.com/products/acrylic-acid-acrylate-esters-chemical-economics-handbook.html>

Mc. Ketta, John J; Cunningham, William A. . 1984. "Encyclopedia of Chemical Processing and Design Volume 20 - Ethanol as Fuel : Options, Advantages, and Disadvantages to Exhaust Stacks, and Cost p:86-77" New York USA, Marcel Dekker inc. Plant Cost Index. (2021). <https://www.chemengonline.com/site/plant-cost-index/> diakses pada 10 September 2022

Michel Fauconet, Valmont, 2016, "*Method for Producing Bio Resourced Acrylic Acid from Glycerol*" US 9,371,261 B2

Peters, M. S. dan Timmerhaus, K. D., 1991, "Plant Design and Economics for Chemical Engineers", 4th ed, McGraw-Hill, Singapura.

Rase, H. F., and Barrow, M. H., 1977, "Chemical Reactor Design for Process Plant", 1sted., Mc Graw Hill Book Company, Inc., New York.

Shu Tao Wu, Qi Ming She, Ricardo Tesser, 2020, "*Catalytic glycerol dehydration -oxidation to acrylic acid*"

Sinnott, R. K., 1983, "Coulson & Richardson's Chemical Engineering Series :

Chemical Engineering Design”

Schmidt, S. 2014. Methyl and Ethyl Chloride Synthesis in Microreactors.

Department of Chemical Engineering. Abo Akademi University. Smith,

J.M., Ness, H.C.V., Abbott, M.M., 1981, “Chemical

Engineering Thermodynamics”, Volume 6, p.635-636, New York, Mc

Graw Hill.

Treybal, R.E., 1981, “Mass-Transfer Operations”, Int.ed., p. 139-210, Singapore,

McGraw-Hill Book Company.

United States Patent No. 5,739,391 “*Catalytic Gas Phase Oxidation of Acrolein  
to Acrylic Acid*”

# LAMPIRAN A

## Perhitungan Reaktor

### (REAKTOR 1)

Jenis : *Fixed Bed Reactor*

Fungsi : Tempat terjadinya reaksi dehidrasi gliserol menjadi akrolein dan air

Kondisi Operasi : Suhu = 320 °C

Tekanan = 5 atm

Konversi = 97,1 % (Chem.Eng Transactions Vol 56, 2016)

Reaksi Endotermis, Non-Isothermal Adiabatis

Tujuan perancangan : 1. Menentukan jenis reaktor

2. Menghitung neraca massa
3. Menghitung neraca panas
4. Menghitung neraca panas pada media pemanas
5. Perancangan reaktor

## Neraca Massa Reaktor (R-01)

Tabel 8 1 Neraca Massa Reaktor (R-01)

| Komponen                                     | Input (Kg/Jam) | Output (Kg/Jam) |
|----------------------------------------------|----------------|-----------------|
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O              | 0              | 13.924          |
| H <sub>2</sub> O                             | 23             | 8.974           |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub> | 23.247         | 372             |
| <b>Total</b>                                 | <b>23.269</b>  | <b>23.269</b>   |

### Reaksi yang terjadi di dalam reaktor



#### 1. Menentukan jenis reaktor

Dipilih reaktor *batch* dengan pertimbangan sebagai berikut :

- Zat pereaksi berupa fase gas dengan katalis padat
- Umur katalis panjang 12-15 bulan
- Reaksi endotermis sehingga diperlukan luas perpindahan panas yang besar
- Tidak di perlukan pemisahan katalis dari gas keluaran reaktor
- Pengendalian suhu relatif mudah karena menggunakan tipe shell and tube
- Konstruksi reaktor fixed bed multitube lebih sederhana jika dibandingkan dengan reaktor fluidized bed sehingga biaya pembuatan, operasione dan perawatan relatif murah.

## 2. Perancangan Reaktor

a Menentukan Persamaan  $dx/dz$

Umpan : 99,5%  $C_3H_8O_3$  dan 0,5%  $H_2O$

Tabel 8.2. Stoikiometri reaksi dehidrasi di reaktor (R-01)

|                | $C_3H_8O_3$          | $C_3H_4O$      | $H_2O$         | Total              |
|----------------|----------------------|----------------|----------------|--------------------|
| mula-mula      | $0,995.F_{A0}$       | 0              | $0.005.F_{A0}$ | $F_{A0}$           |
| reaksi         | $0.995F_{A0}x$       | $0.995F_{A0}x$ | $1.99F_{A0}x$  | $3.98F_{A0}x$      |
| sisa/terbentuk | $0,995.F_{A0}.(1-x)$ | $0,995F_{A0}x$ | $1,995F_{A0}x$ | $F_{A0}(1+1,995x)$ |

Dimana :

$$F_A : 0,995 F_0 (1 - x)$$

$$dF_A : 0,995 F_0 dx$$

$$C_A = y_A \frac{P}{R.T}$$

$$y_A = \frac{0,995F_0(1-x)}{F_0(1+1,995x)}$$

Maka;

$$-0,9959F_0 \frac{dx}{dz} = -\frac{\pi}{4} D^2 \rho_B . k . \frac{0,995F_0(1-x)}{F_0(1+1,995x)} + \frac{P}{RT}$$

$$\frac{dx}{dz} = -\frac{\pi D^2 \rho_B . P . k}{4F_0 R . T} \cdot \frac{(1-x)}{(1+1,995x)}$$

b. Menentukan persamaan  $dT/dz$

Heat of input – Heat of Output + Heat of generation – Heat Transfer = Acc

$$H|_z - H|_{z+\Delta z} + (-r_a) \cdot \Delta HR \cdot V - U \cdot A (T - T_{ref}) = 0$$

$$H|_z - H|_{z+\Delta z} = -(-r_a) \cdot \Delta HR \cdot V + U \cdot \Delta z \cdot \pi \cdot D (T - T_{ref})$$

$$H|_z - H|_{z+\Delta z} = -(-r_a) \cdot \Delta HR \cdot \frac{\pi}{4} ID^2 \cdot \Delta z + U \cdot \Delta z \cdot \pi \cdot D (T - T_{ref})$$

$$\frac{H|_z - H|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = -(-r_a) \cdot \Delta HR \cdot \frac{\pi}{4} ID^2 + U \cdot \pi \cdot D (T - T_{ref})$$

$$\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{H|_z - H|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = -(-r_a) \cdot \Delta HR \cdot \frac{\pi}{4} ID^2 + U \cdot \pi \cdot D (T - T_{ref})$$

$$\frac{dH}{dz} = (-r_a) \cdot \Delta HR \cdot \frac{\pi}{4} ID^2 + U \cdot \pi \cdot D (T - T_{ref})$$

Dimana:

$$H = Q = \sum F_i \cdot C_{pi} \cdot (T - T_{ref})$$

$$dH = \sum F_i \cdot C_{pi} dt$$

maka :

$$\sum F_i C_{pi} \frac{dT}{dz} = \frac{0,995 F_0 (-\Delta HR) \frac{dX}{dz} - \pi D \cdot U \cdot T}{(\sum F_i C_{pi})}$$

$$\frac{dT}{dz} = \frac{0,995 F_0 (-\Delta HR) \frac{dX}{dz} - \pi D \cdot U \cdot T}{0,995 F_0 (1+x) cp_A + 0,995 F_0 x \cdot cp_B + 1,99 F_0 cp_C}$$

c. Menentukan Pressure Drop

Menggunakan Persamaan Ergun 11.6 (Fogler chapter 11 hal 492 “Chemical Reactor For Process Plants”)



$$\frac{dP}{dz} = -\frac{G}{\rho g \cdot g \cdot Dp} \times \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^2} \times \left[ \frac{150(1-\varepsilon)\mu}{Dp} + 1.75G \right]$$

Dimana :

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

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

Dp = Densitas partikel katalisator, cm

g = Gaya Gravitasi, cm/det<sup>2</sup>

l = Porosity tumpukan katalisator

$\mu$  = Viskositas gas, cP

Untuk menentukan tinggi dari reaktor tersebut digunakanlah ketiga persamaan diferensial berikut dengan menggunakan metode Euler, Sehingga di dapatkan hasil sebagai berikut :

Persamaan yang digunakan :

$$\frac{dx}{dz} = -\frac{\pi D^2 \rho_B \cdot P \cdot k}{4F_0 R \cdot T} \cdot \frac{(1-x)}{(1+1.995x)}$$

$$\frac{dT}{dZ} = \frac{0.995 F_0 (-\Delta HR) \frac{dX}{dZ} - \pi D \cdot U \cdot T}{0.995 F_0 (1+x) cpA + 0.995 F_0 x \cdot cpB + 1.99 F_0 cpC}$$

$$\frac{dP}{dz} = -\frac{G}{\rho g \cdot g \cdot Dp} \times \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^2} \times \left[ \frac{150(1-\varepsilon)\mu}{Dp} + 1.75G \right]$$

Hasil dari substitusi tiga persamaan diatas dengan metode euler disajikan dalam tabel 8.3.

**Tabel 8 3 penentuan tinggi reaktor dengan metode euler**

| <b>z (m)</b> | <b>x</b>    | <b>T (K)</b> | <b>P (kPa)</b> |
|--------------|-------------|--------------|----------------|
| 0            | 0           | 593          | 506.625        |
| 0,1000       | 0,057459445 | 591.5018837  | 506.6233285    |
| 0,2000       | 0,108688261 | 590.3210027  | 506.6216569    |
| 0,3000       | 0,154904188 | 589.3519661  | 506.6199854    |
| 0,4000       | 0,196977671 | 588.5337932  | 506.6183138    |
| 0,5000       | 0,235557008 | 587.8281577  | 506.6166423    |
| 0,6000       | 0,271140679 | 587.2094661  | 506.6149707    |
| 0,7000       | 0,304121872 | 586.6598161  | 506.6132992    |
| 0,8000       | 0,334817257 | 586.1662161  | 506.6116276    |
| 0,9000       | 0,363486362 | 585.7189531  | 506.6099561    |
| 1,0000       | 0,390345045 | 585.3105839  | 506.6082845    |
| 1,1000       | 0,415575129 | 584.9352842  | 506.606613     |
| 1,2000       | 0,43933146  | 584.5884151  | 506.6049414    |
| 1,3000       | 0,461747192 | 584.2662248  | 506.6032699    |
| 1,4000       | 0,482937795 | 583.9656378  | 506.6015983    |
| 1,5000       | 0,503004172 | 583.6841031  | 506.5999268    |
| 1,6000       | 0,522035093 | 583.4194826  | 506.5982552    |
| 1,7000       | 0,540109134 | 583.1699672  | 506.5965837    |
| 1,8000       | 0,557296232 | 582.9340136  | 506.5949121    |
| 1,9000       | 0,573658948 | 582.7102948  | 506.5932406    |
| 2,0000       | 0,589253505 | 582.4976622  | 506.591569     |
| 2,1000       | 0,604130641 | 582.2951152  | 506.5898975    |
| 2,2000       | 0,618336321 | 582.1017772  | 506.5882259    |
| 2,3000       | 0,63191234  | 581.9168760  | 506.5865544    |
| 2,4000       | 0,64489682  | 581.7397281  | 506.5848829    |
| 2,5000       | 0,657324644 | 581.5697258  | 506.5832113    |
| 2,6000       | 0,669227824 | 581.4063266  | 506.5815398    |
| 2,7000       | 0,68063581  | 581.2490442  | 506.5798682    |
| 2,8000       | 0,691575768 | 581.0974409  | 506.5781967    |
| 2,9000       | 0,702072812 | 580.9511219  | 506.5765251    |
| 3,0000       | 0,712150212 | 580.8097295  | 506.5748536    |
| 3,1000       | 0,721829571 | 580.6729390  | 506.573182     |
| 3,2000       | 0,731130988 | 580.5404545  | 506.5715105    |
| 3,3000       | 0,740073189 | 580.4120057  | 506.5698389    |
| 3,4000       | 0,74867366  | 580.2873454  | 506.5681674    |
| 3,5000       | 0,756948748 | 580.1662466  | 506.5664958    |

|        |             |             |             |
|--------|-------------|-------------|-------------|
| 3,6000 | 0,764913763 | 580.0485006 | 506.5648243 |
| 3,7000 | 0,772583062 | 579.9339148 | 506.5631527 |
| 3,8000 | 0,77997013  | 579.8223117 | 506.5614812 |
| 3,9000 | 0,787087647 | 579.7135269 | 506.5598096 |
| 4,0000 | 0,79394755  | 579.6074079 | 506.5581381 |
| 4,1000 | 0,800561094 | 579.5038134 | 506.5564665 |
| 4,2000 | 0,806938899 | 579.4026116 | 506.554795  |
| 4,3000 | 0,813090998 | 579.3036800 | 506.5531234 |
| 4,4000 | 0,819026881 | 579.2069044 | 506.5514519 |
| 4,5000 | 0,824755529 | 579.1121777 | 506.5497803 |
| 4,6000 | 0,830285453 | 579.0194002 | 506.5481088 |
| 4,7000 | 0,835624724 | 578.9284781 | 506.5464373 |
| 4,8000 | 0,840781001 | 578.8393238 | 506.5447657 |
| 4,9000 | 0,845761564 | 578.7518547 | 506.5430942 |
| 5,0000 | 0,850573328 | 578.6659934 | 506.5414226 |
| 5,1000 | 0,855222877 | 578.5816669 | 506.5397511 |
| 5,2000 | 0,859716476 | 578.4988066 | 506.5380795 |
| 5,3000 | 0,864060096 | 578.4173475 | 506.536408  |
| 5,4000 | 0,868259429 | 578.3372287 | 506.5347364 |
| 5,5000 | 0,872319903 | 578.2583922 | 506.5330649 |
| 5,6000 | 0,876246702 | 578.1807834 | 506.5313933 |
| 5,7000 | 0,880044775 | 578.1043506 | 506.5297218 |
| 5,8000 | 0,883718853 | 578.0290448 | 506.5280502 |
| 5,9000 | 0,887273459 | 577.9548195 | 506.5263787 |
| 6,0000 | 0,890712919 | 577.8816306 | 506.5247071 |
| 6,1000 | 0,894041375 | 577.8094363 | 506.5230356 |
| 6,2000 | 0,897262793 | 577.7381969 | 506.521364  |
| 6,3000 | 0,900380972 | 577.6678745 | 506.5196925 |
| 6,4000 | 0,903399553 | 577.5984331 | 506.5180209 |
| 6,5000 | 0,906322027 | 577.5298385 | 506.5163494 |
| 6,6000 | 0,909151745 | 577.4620580 | 506.5146778 |
| 6,7000 | 0,91189192  | 577.3950605 | 506.5130063 |
| 6,8000 | 0,914545638 | 577.3288165 | 506.5113347 |
| 6,9000 | 0,917115862 | 577.2632974 | 506.5096632 |
| 7,0000 | 0,919605439 | 577.1984764 | 506.5079917 |
| 7,1000 | 0,922017106 | 577.1343276 | 506.5063201 |
| 7,2000 | 0,924353493 | 577.0708263 | 506.5046486 |
| 7,3000 | 0,926617129 | 577.0079488 | 506.502977  |
| 7,4000 | 0,928810447 | 576.9456727 | 506.5013055 |
| 7,5000 | 0,93093579  | 576.8839762 | 506.4996339 |
| 7,6000 | 0,932995411 | 576.8228388 | 506.4979624 |
| 7,7000 | 0,934991481 | 576.7622404 | 506.4962908 |
| 7,8000 | 0,936926088 | 576.7021622 | 506.4946193 |

|         |             |             |             |
|---------|-------------|-------------|-------------|
| 7,9000  | 0,938801247 | 576.6425859 | 506.4929477 |
| 8,0000  | 0,940618896 | 576.5834940 | 506.4912762 |
| 8,1000  | 0,942380907 | 576.5248697 | 506.4896046 |
| 8,2000  | 0,944089082 | 576.4666970 | 506.4879331 |
| 8,3000  | 0,945745157 | 576.4089604 | 506.4862615 |
| 8,4000  | 0,94735081  | 576.3516449 | 506.48459   |
| 8,5000  | 0,948907658 | 576.2947365 | 506.4829184 |
| 8,6000  | 0,950417261 | 576.2382213 | 506.4812469 |
| 8,7000  | 0,951881125 | 576.1820861 | 506.4795753 |
| 8,8000  | 0,953300702 | 576.1263183 | 506.4779038 |
| 8,9000  | 0,954677397 | 576.0709057 | 506.4762322 |
| 9,0000  | 0,956012564 | 576.0158366 | 506.4745607 |
| 9,1000  | 0,957307511 | 575.9610995 | 506.4728891 |
| 9,2000  | 0,958563503 | 575.9066837 | 506.4712176 |
| 9,3000  | 0,95978176  | 575.8525787 | 506.4695461 |
| 9,4000  | 0,960963463 | 575.7987743 | 506.4678745 |
| 9,5000  | 0,962109751 | 575.7452609 | 506.466203  |
| 9,6000  | 0,963221727 | 575.6920290 | 506,4645314 |
| 9,7000  | 0,964300457 | 575.6390697 | 506,4628599 |
| 9,8000  | 0,965346969 | 575.5863742 | 506,4611883 |
| 9,9000  | 0,966362261 | 575.5339341 | 506,4595168 |
| 10,0000 | 0,967347295 | 575.4817414 | 506,4578452 |
| 10,1000 | 0,968303003 | 575.4297881 | 506,4561737 |
| 10,2000 | 0,969230287 | 575.3780667 | 506,4545021 |
| 10,3000 | 0,970130017 | 575.3265701 | 506,4528306 |
| 10,4000 | 0,971003037 | 575,2752911 | 506,451159  |

T in = 593 K

T out = 575,27 K

P in = 506,625 kPa

P out = 506,451 kPa

Dipilih tinggi reaktor 10,4 meter dengan konversi 97,1%

c Menghitung Berat Katalis

$$W = S \cdot \rho_b \cdot z$$

$$W = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot \rho_b \cdot z$$

$$W = 3,14 \times \frac{4^2}{4} \times 3965 \times 16$$

$$W = 1.040.910 \text{ kgcat}$$

d Menghitung Ukuran Reaktor

1) Menghitung Volume Shell Reaktor

Volume dibuat overdesign sebesar 13.5% dengan alasan keselamatan

$$V_{bed} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot z \cdot (1 + 0,135)$$

$$V_{bed} = \frac{3.14 \times 4^2}{4} \times 3965 \times (1 + 0,135)$$

$$V_{bed} = 231,6535 \text{ m}^3$$

$$V/z = \frac{232,366}{16,3} = 22,2$$

2) Menghitung Diameter *Shell* Reaktor

$$V_{bed} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{V/z \cdot 4}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{14,2556 \times 4}{3,14}}$$

$$D = 5,3 \text{ m}$$

3) Menghitung Tebal dan Dinding Reaktor

Spesifikasi

Bahan : SA-167 Grade 10 Tipe 18 Cr-8 Ni

*Allowable stress (fall)* : 75000 psi

Efisiensi sambungan (e) : 0,8

(Brownell and young, Hal 342)

4) Menghitung Faktor Korosi

Faktor korosi berkisar antara 0,13 mm sampai 0,5 mm/tahun

Dirancang : faktor korosi = 0,5 mm/tahun

Umur reaktor : 10 tahun

Maka :

$$C'' = 0,5 \text{ mm/tahun} \times 10 \text{ tahun} \times 0,001 \text{ m/mm}$$

$$C'' = 0,005 \text{ m} = 0,1969 \text{ in}$$

5) Menentukan Tekanan Perancangan

$$P_{design} = 1,5 \times P_{operasi}$$

$$P_{design} = 1,5 \times 5 \text{ atm}$$

$$P_{design} = 7,5 \text{ atm} = 759,937 \text{ kPa} = 110,21925 \text{ psi}$$

6) Menentukan Jari-jari Dalam

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

$$R = \frac{4,2615 \text{ m}}{2}$$

$$R = 2,13075 \text{ m} = 83,8869 \text{ in}$$

Dihitung dengan persamaan :

$$ts = \frac{P_{gauge} \times Ro}{fall \times e + 0.4 \times P_{design}} + C''$$

Dimana

$P_{gauge}$  : Tekanan desain atau max, tekanan kerja yang diizinkan (psi)

$fall$  : Nilai tegangan material (psi) *allowable stress*

$e$  : Effisiensi sambungan

$Ro$  : Radius luar (in)

$D$  : Diameter luar (in)

$ts$  : Ketebalan dinding (in)

$$ts = \frac{P_{design} \times Ro}{fall \times e + 0.4 \times P_{design}} + C''$$

$$ts = \frac{110,21925 \text{ kPa} \times 83,8869 \text{ in}}{75000 \text{ psi} \times 0.8 + 0.4 \times 110,21925 \text{ kPa}} + 0.1969 \text{ in}$$

$$ts = 0.38933181 \text{ in}$$

Digunakan tebal standar  $\frac{1}{4}$  in

Sehingga,

$$OD \text{ dari shell reaktor} = 2 \times ts + D$$

$$OD = 2 \times 0,38933181 \text{ in} + 209,71739 \text{ in}$$

$$OD = 210,2173943 \text{ in}$$

Dipilih OD standar 216 in (Brownell and young, Hal 91)

e Menghitung dan Menentukan Head

Bahan yang digunakan untuk head sama dengan bahan shell yaitu SA-167 Grade 10 Tipe 18 Cr-8 Ni dan untuk tekanan operasi  $< 15$  bar, head yang digunakan berjenis torispherical dishead.

(Brownell and young, 1959)

1) Menghitung Tebal Head

$$ID_{baru} = OD_{standar} - 2 \times ts$$

$$ID_{baru} = 180 \text{ in} - 2 \times 0,2277 \text{ in}$$

$$ID_{baru} = 179,5 \text{ in}$$



| OD             | 180        |          | 192        |          | 204        |          | 204        |          | 216        |          | 228        |          | 240        |          |
|----------------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|
| <i>t</i>       | <i>icr</i> | <i>r</i> | <i>icr</i> | <i>r</i> | <i>icr</i> | <i>r</i> | <i>icr</i> | <i>r</i> | <i>icr</i> | <i>r</i> | <i>icr</i> | <i>r</i> | <i>icr</i> | <i>r</i> |
| $\frac{3}{16}$ |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |
| $\frac{1}{4}$  |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |
| $\frac{5}{16}$ |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |
| $\frac{3}{8}$  |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |
| $\frac{7}{16}$ |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |
| $\frac{1}{2}$  |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |
| $\frac{5}{8}$  | ↑ 11       | ↑ 170    | ↑ 11½      | ↑ 170    |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |
| $\frac{3}{4}$  |            |          |            |          | ↑ 12¼      | ↑ 170    | ↑ 12⅝      | ↑ 170    | ↑ 13       | ↑ 170    |            |          |            |          |
| $\frac{7}{8}$  |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |
| 1              |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |
| $1\frac{1}{8}$ |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          | ↑ 13¾      | ↑ 180    |            |          |
| $1\frac{1}{4}$ |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          | ↑ 14⅞      | ↑ 180    |
| $1\frac{3}{8}$ |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |
| $1\frac{1}{2}$ |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |
| $1\frac{5}{8}$ |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |
| $1\frac{3}{4}$ |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |
| $1\frac{7}{8}$ |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |
| 2              |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          | ↓ 13¾      | ↓ 180    | ↓ 14⅞      | ↓ 180    |
| $2\frac{1}{4}$ |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |
| $2\frac{1}{2}$ |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |
| $2\frac{3}{4}$ |            |          |            |          | ↓ 12¼      | ↓ 170    | ↓ 12⅝      | ↓ 170    | ↓ 13       | ↓ 170    |            |          |            |          |
| 3              | ↓ 11       | ↓ 170    | ↓ 11½      | ↓ 170    |            |          |            |          |            |          |            |          |            |          |

Note: Dimensions are constant between arrowheads.

Dari OD standar yang dipilih maka didapat nilai *icr* dan *r* :

*r* : 170

*icr* : 11

(Brownell and young, Hal 91)

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

$$W = \frac{1}{4} \left( 3 + \sqrt{\frac{170}{11}} \right)$$

$$W = 4.6136 \text{ in}$$

$$th = \frac{P \cdot r \cdot W}{2(f \cdot E - 0.1 \cdot P)}$$

$$th = \frac{22.0439 \text{ psig} \times 170 \times 4.6136 \text{ in}}{2(75000 \times 0.8 - 0.1 \times 22.0439 \text{ psig})}$$

$$th = 0.720527 \text{ in}$$

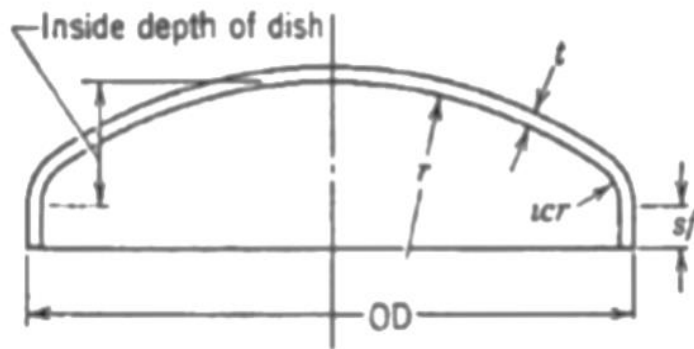
Maka dipilih  $th$  sesuai standar 3/16 in

## 2) Straight flange

Straight flange menurut buku Brownell, Hal 93 berkisar dari 1.5 hingga 3 in

Maka dipilih SF maximum karena diameter lebih dari 60 in

$$SF = 3 \text{ in} = 0.0762 \text{ m}$$



Keterangan :

$t$  = tebal head

OD = diameter luar

$sf$  = straight flange

$icr = knuckle\ radius$

$r = \text{jari-jari}$

### 3) Menentukan Tinggi Head

$$H = \text{inside depth} + t + sf$$

$$H_{head} = r - \sqrt{(r - icr)^2 - \left(\frac{ID}{2} - icr\right)^2} + t + sf$$

$$H_{head} = 170 - \sqrt{(170 - 11)^2 - \left(\frac{179.5\ in}{2} - 11\right)^2} + 0.1875\ in + 3\ in$$

$$H_{head} = 35.0592\ in = 0.8905\ m$$

Maka,

$$H_{head\ total} = H_{bed} + 2 \cdot H_{head}$$

$$H_{head\ total} = 10,4\ m + 2 \times 0.8905\ m$$

$$H_{head\ total} = 12,18100548\ m$$

### 4) Menentukan Volume Head

$$V_{head} = 0.000049 \cdot ID^3$$

Keterangan

ID: Diameter dalam vessel (in)

V : Volume head piringan torispherical ke lens lurus (ft<sup>3</sup>)

$$V_{head} = 0.000049 \cdot ID^3$$

$$V_{head} = 0.000049 \cdot (179.5 \text{ in})^3$$

$$V_{head} = 283.3932 \text{ ft}^3 = 8.0248 \text{ m}^3$$

f Menentukan Volume Total Reaktor

$$V_{total} = V_{bed} + 2 \cdot V_{head}$$

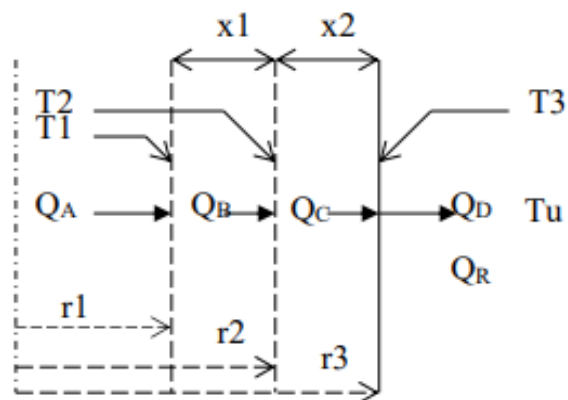
$$V_{total} = 231,6535 \text{ m}^3 + 2 \times 8.0248 \text{ m}^3$$

$$V_{total} = 248,7030776 \text{ m}^3$$

### Tebal Isolator

Asumsi : - Keadaan Steady State

- Suhu dinding luar reactor 50 °C
- Suhu udara luar 30 °C



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 fisis bahan isolator

Bahan isolasi = Abestos felt, 20 lamination

$K_{iso}$  = 0,095 W/m.K

$\epsilon$  = 0,932 (Kern, Tabel 4-1)

- Sifat fisis udara (320,65 K)

$T_f$  = 313 K

$k$  = 0,0272254 W/m °C

$$\rho_f = 0,390756 \text{ kg/m}^3$$

$$Pr = 0,70514$$

$$C_p = 1,006558 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$$

$$DT = 293 \text{ K}$$

$$\mu = 1,90569\text{E-}05 \text{ kg/m.s}$$

$$\beta = 0,003194888 \text{ K}^{-1}$$

$$v = 1,70082\text{E-}05 \text{ m}^2/\text{s}$$

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

$$r_3 = r_2 + x$$

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

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

$$L = 10 \text{ m}$$

a. Perpindahan panas konduksi

$$Q_b = \frac{2 \pi k_s L (T_1 - T_2)}{\ln (r_2/r_1)}$$

$$Q_c = \frac{2 \pi k_{is} L (T_2 - T_3)}{\ln (r_3/r_2)}$$

b. Perpindahan panas konveksi

$$Q_d = hc A (T_3 - T_4)$$

$$Q_d = hc 2 \pi r_3 L (T_3 - T_4)$$

Karena nilai bilangan Rayleigh  $> 10^9$  maka :

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

$$hc = 3,555887078 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$hr = \sigma \varepsilon \frac{(T_w^4 - T_u^4)}{(T_w - T_u)}$$

$$hr = 0,014373677 \text{ W.m}^2/\text{K}^4$$

$$r_1 = 2,5 \text{ m}$$

$$r_2 = 2,663409469 \text{ m}$$

$$r_3 = 2,831600787 \text{ m}$$

$$Q_R = 24.020,6659$$

$$Q_D = 13.164,306$$

$$Q_C = Q_R + Q_D$$

$$Q_C = 37.184,972$$

$$Q_B = Q_C = 37.184,972$$

$$T_2 - 323 = 366,654 \text{ K}$$

$$T_1 = 706,70 \text{ K}$$

$$T_2 = 704,8042 \text{ K}$$

Kemudian persamaan diatas di goalseek sehingga didapatkan :

$$X \text{ (tebal isolasi)} = 0,17 \text{ m} = 17 \text{ cm}$$

## REAKTOR (R-02)

### (REAKTOR 2)

Jenis : *Fixed Bed Reactor*

Fungsi : Tempat terjadinya reaksi oksidasi akrolein menjadi asam akrilat

Kondisi Operasi : Suhu = 300 °C

Tekanan = 3 atm

Konversi = 98,4 % (Chem.Eng Transactions Vol 56, 2016)

Reaksi Endotermis, Non-Isothermal Adiabatis

Tujuan perancangan : 1. Menentukan jenis reaktor

2. Menghitung neraca massa
3. Menghitung neraca panas
4. Menghitung neraca panas pada media pemanas
5. Perancangan reaktor

### Neraca Massa Reaktor (R-02)

Tabel 8 4 Neraca Massa Reaktor (R-02)

| Komponen                                     | Input (Kg/Jam) | Output (Kg/Jam) |
|----------------------------------------------|----------------|-----------------|
| N <sub>2</sub>                               | 39.285         | 39.285          |
| O <sub>2</sub>                               | 11.935         | 8.020           |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O              | 13.924         | 223             |
| H <sub>2</sub> O                             | 5.456          | 5.456           |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> | 0              | 17.615          |
| <b>Total</b>                                 | <b>70.599</b>  | <b>70.599</b>   |



## Reaksi yang terjadi di dalam reaktor



### 1. Menentukan jenis reaktor

Dipilih reaktor *batch* dengan pertimbangan sebagai berikut :

- g Zat pereaksi berupa fase gas dengan katalis padat
- h Umur katalis panjang 12-15 bulan
- i Reaksi endotermis sehingga diperlukan luas perpindahan panas yang besar
- j Tidak di perlukan pemisahan katalis dari gas keluaran reaktor
- k Pengendalian suhu relatif mudah karena menggunakan tipe shell and tube
- l Konstruksi reaktor fixed bed multitube lebih sederhana jika dibandingkan dengan reaktor fluidized bed sehingga biaya pembuatan, operasione dan perawatan relatif murah.

### Perancangan Reaktor

#### a. Menentukan Persamaan dx/dz

Umpan : 100% Akrolein 79% N<sub>2</sub> 21% O<sub>2</sub>

|                 | <b>C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>O</b> | <b>1/2O<sub>2</sub></b>                       | <b>C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub></b> | <b>N<sub>2</sub></b> | <b>H<sub>2</sub>O</b> | <b>Total</b>        |
|-----------------|------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|
| mula-mula       | F <sub>A0</sub>                    | 0.21F <sub>B0</sub>                           | 0                                              | 0.79F <sub>B0</sub>  | I                     | FA0+FB0             |
| reaksi          | F <sub>A0X</sub>                   | 0.5F <sub>A0X</sub>                           | F <sub>A0X</sub>                               | 0.79F <sub>B0</sub>  | I                     | 2.5FA0x             |
| sisas/terbentuk | F <sub>A0</sub> ·(1-x)             | 0.21F <sub>B0</sub> -<br>0.5·F <sub>A0X</sub> | F <sub>A0X</sub>                               | -                    | -                     | FA0+FB0-<br>2.5FA0x |

Dimana :

$$F_A : F_{A0} (1-x)$$

$$dF_A : F_{A0} dx$$

$$Ca = yA \frac{P}{R.T}$$

$$yA = \frac{F_{A0}(1-x)}{F_{A0} + F_{B0} - 2.5F_{A0}x}$$

Maka;

$$F_0 \frac{dx}{dz} = -\frac{\pi}{4} D^2 \rho B . k . \frac{F_0(1-x)}{F_{A0}x + F_{B0} - 2.5F_{A0}x} + \frac{P}{RT}$$

$$\frac{dx}{dz} = -\frac{\pi D^2 \rho B . P . k}{4 F_0 R . T} \cdot \frac{(1-x)}{(1-2,5x)}$$

b. Menentukan persamaan dT/dz

Heat of input – Heat of Output + Heat of generation – Heat Transfer = Acc

$$H | z - H | z + \Delta z + (-ra) . \Delta HR . V - U . A (T - Tref) = 0$$

$$H | z - H | z + \Delta z = - (-ra) . \Delta HR . V + U . \Delta z . \pi . D (T - Tref)$$

$$H | z - H | z + \Delta z = - (-ra) . \Delta HR . \frac{\pi}{4} ID^2 . \Delta z + U . \Delta z . \pi . D (T - Tref)$$

$$\frac{H | z - H | z + \Delta z}{\Delta z} = - (-ra) . \Delta HR . \frac{\pi}{4} ID^2 + U . \Delta z . \pi . D (T - Tref)$$

$$\frac{\lim_{\Delta z} H|_{z-H} - H|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = -(-ra) \cdot \Delta HR \cdot \frac{\pi}{4} ID^2 + U \cdot \pi \cdot D (T - T_{ref})$$

$$\frac{dH}{\Delta z} = (-ra) \cdot \Delta HR \cdot \frac{\pi}{4} ID^2 + U \cdot \Delta z \cdot \pi \cdot D (T - T_{ref})$$

Dimana:

$$H = Q = \sum F_i \cdot C_{pi} \cdot (T - T_{ref})$$

$$dH = \sum F_i \cdot C_{pi} dt$$

maka :

$$\sum F_i C_{pi} \frac{dT}{dZ} = \frac{F_{A0}(-\Delta HR) \frac{dX}{dZ} - \pi D \cdot U \cdot T}{(\sum F_i C_{pi})}$$

$$\frac{dT}{dZ} = \frac{F_{A0}(-\Delta HR) \frac{dX}{dZ} - \pi D \cdot U \cdot T}{F_{A0}(1-x)cpA + 0,21F_{B0} - 0,5F_{A0}x \cdot cpB + 0,79F_{B0} - F_{A0}x \cdot cpC + F_{A0}x \cdot cpD}$$

### c. Menentukan Pressure Drop

Menggunakan Persamaan ergun 11.6 (Fogler chapter 11 hal 492 “Chemical Reactor For Process Plants”)

$$\frac{dP}{dZ} = - \frac{G}{\rho g \cdot g \cdot D_p} \times \frac{1-\epsilon}{\epsilon^2} \times \left[ \frac{150(1-\epsilon)\mu}{D_p} + 1.75G \right]$$

Dimana :

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

K = Densitas gas, gr/cm<sup>3</sup>

$D_p$  = Densitas pertikel katalisator, cm

$g$  = Gaya Gravitasi, cm/detik<sup>2</sup>

$l$  = Porosity tumpukan katalisator

$m$  = Viskositas gas, gr/cm jam

Untuk menentukan tinggi dari reaktor tersebut digunakanlah ketiga persamaan diferensial berikut dengan menggunakan metode Euler, Sehingga di dapatkan hasil sebagai berikut :

Persamaan yang digunakan :

$$\frac{dx}{dz} = - \frac{\pi D^2 \rho_B \cdot P \cdot k}{4 F_0 R \cdot T} \cdot \frac{(1-x)}{(1-2,5x)}$$

$$\frac{dT}{dZ} = \frac{F_{A0}(-\Delta HR) \frac{dX}{dZ} - \pi D \cdot U \cdot T}{F_{A0}(1-x)cpA + 0,21F_{B0} - 0,5F_{A0}x \cdot cpB + 0,79F_{B0} - F_{A0}x \cdot cpC + F_{A0}x \cdot cpD}$$

$$\frac{dP}{dZ} = - \frac{G}{\rho g \cdot g \cdot D_p} \times \frac{1-\epsilon}{\epsilon^2} \times \left[ \frac{150(1-\epsilon)\mu}{D_p} + 1,75G \right]$$

Hasil :

| <b>z (m)</b> | <b>x</b>     | <b>T (K)</b> | <b>P (kPa)</b> |
|--------------|--------------|--------------|----------------|
| 0            | 0,0000000000 | 573          | 303,975        |
| 0,1000       | 0,0124763273 | 573,3079036  | 303,535        |
| 0,2000       | 0,0247725030 | 573,6103307  | 303,095        |
| 0,3000       | 0,0368934783 | 573,9074282  | 302,655        |
| 0,4000       | 0,0488439882 | 574,1993368  | 302,215        |
| 0,5000       | 0,0606285644 | 574,4861911  | 301,775        |
| 0,6000       | 0,0722515472 | 574,7681201  | 301,335        |
| 0,7000       | 0,0837170968 | 575,0452474  | 300,895        |

|        |              |             |         |
|--------|--------------|-------------|---------|
| 0,8000 | 0,0950292034 | 575,3176919 | 300,455 |
| 0,9000 | 0,1061916972 | 575,5855675 | 300,015 |
| 1,0000 | 0,1172082564 | 575,8489837 | 299,575 |
| 1,1000 | 0,1280824165 | 576,1080458 | 299,135 |
| 1,2000 | 0,1388175772 | 576,3628553 | 298,695 |
| 1,3000 | 0,1494170098 | 576,6135096 | 298,255 |
| 1,4000 | 0,1598838640 | 576,8601027 | 297,815 |
| 1,5000 | 0,1702211740 | 577,1027251 | 297,375 |
| 1,6000 | 0,1804318645 | 577,3414642 | 296,935 |
| 1,7000 | 0,1905187558 | 577,5764043 | 296,495 |
| 1,8000 | 0,2004845693 | 577,8076266 | 296,055 |
| 1,9000 | 0,2103319322 | 578,0352097 | 295,615 |
| 2,0000 | 0,2200633818 | 578,2592295 | 295,175 |
| 2,1000 | 0,2296813699 | 578,4797595 | 294,735 |
| 2,2000 | 0,2391882667 | 578,6968705 | 294,295 |
| 2,3000 | 0,2485863649 | 578,9106312 | 293,855 |
| 2,4000 | 0,2578778824 | 579,1211081 | 293,415 |
| 2,5000 | 0,2670649666 | 579,3283656 | 292,975 |
| 2,6000 | 0,2761496967 | 579,5324661 | 292,535 |
| 2,7000 | 0,2851340871 | 579,7334700 | 292,095 |
| 2,8000 | 0,2940200903 | 579,9314358 | 291,655 |
| 2,9000 | 0,3028095991 | 580,1264206 | 291,215 |
| 3,0000 | 0,3115044495 | 580,3184794 | 290,775 |
| 3,1000 | 0,3201064227 | 580,5076658 | 290,335 |
| 3,2000 | 0,3286172479 | 580,6940318 | 289,895 |
| 3,3000 | 0,3370386037 | 580,8776279 | 289,455 |
| 3,4000 | 0,3453721205 | 581,0585031 | 289,015 |
| 3,5000 | 0,3536193827 | 581,2367053 | 288,575 |
| 3,6000 | 0,3617819300 | 581,4122808 | 288,135 |
| 3,7000 | 0,3698612591 | 581,5852748 | 287,695 |
| 3,8000 | 0,3778588260 | 581,7557310 | 287,255 |
| 3,9000 | 0,3857760467 | 581,9236923 | 286,815 |
| 4,0000 | 0,3936142994 | 582,0892003 | 286,375 |
| 4,1000 | 0,4013749256 | 582,2522954 | 285,935 |
| 4,2000 | 0,4090592311 | 582,4130171 | 285,495 |
| 4,3000 | 0,4166684882 | 582,5714039 | 285,056 |
| 4,4000 | 0,4242039358 | 582,7274932 | 284,616 |
| 4,5000 | 0,4316667816 | 582,8813216 | 284,176 |
| 4,6000 | 0,4390582025 | 583,0329247 | 283,736 |

|        |              |             |         |
|--------|--------------|-------------|---------|
| 4,7000 | 0,4463793459 | 583,1823372 | 283,296 |
| 4,8000 | 0,4536313308 | 583,3295931 | 282,856 |
| 4,9000 | 0,4608152488 | 583,4747253 | 282,416 |
| 5,0000 | 0,4679321648 | 583,6177663 | 281,976 |
| 5,1000 | 0,4749831180 | 583,7587475 | 281,536 |
| 5,2000 | 0,4819691229 | 583,8976996 | 281,096 |
| 5,3000 | 0,4888911699 | 584,0346529 | 280,656 |
| 5,4000 | 0,4957502261 | 584,1696365 | 280,216 |
| 5,5000 | 0,5025472364 | 584,3026794 | 279,776 |
| 5,6000 | 0,5092831236 | 584,4338094 | 279,336 |
| 5,7000 | 0,5159587897 | 584,5630541 | 278,896 |
| 5,8000 | 0,5225751161 | 584,6904402 | 278,456 |
| 5,9000 | 0,5291329647 | 584,8159940 | 278,016 |
| 6,0000 | 0,5356331778 | 584,9397412 | 277,576 |
| 6,1000 | 0,5420765796 | 585,0617068 | 277,136 |
| 6,2000 | 0,5484639760 | 585,1819154 | 276,696 |
| 6,3000 | 0,5547961555 | 585,3003911 | 276,256 |
| 6,4000 | 0,5610738897 | 585,4171573 | 275,816 |
| 6,5000 | 0,5672979336 | 585,5322372 | 275,376 |
| 6,6000 | 0,5734690263 | 585,6456533 | 274,936 |
| 6,7000 | 0,5795878916 | 585,7574277 | 274,496 |
| 6,8000 | 0,5856552379 | 585,8675820 | 274,056 |
| 6,9000 | 0,5916717593 | 585,9761375 | 273,616 |
| 7,0000 | 0,5976381354 | 586,0831149 | 273,176 |
| 7,1000 | 0,6035550323 | 586,1885347 | 272,736 |
| 7,2000 | 0,6094231023 | 586,2924167 | 272,296 |
| 7,3000 | 0,6152429849 | 586,3947807 | 271,856 |
| 7,4000 | 0,6210153068 | 586,4956457 | 271,416 |
| 7,5000 | 0,6267406825 | 586,5950306 | 270,976 |
| 7,6000 | 0,6324197143 | 586,6929539 | 270,536 |
| 7,7000 | 0,6380529929 | 586,7894337 | 270,096 |
| 7,8000 | 0,6436410976 | 586,8844878 | 269,656 |
| 7,9000 | 0,6491845966 | 586,9781335 | 269,216 |
| 8,0000 | 0,6546840473 | 587,0703881 | 268,776 |
| 8,1000 | 0,6601399966 | 587,1612684 | 268,336 |
| 8,2000 | 0,6655529813 | 587,2507907 | 267,896 |
| 8,3000 | 0,6709235279 | 587,3389714 | 267,456 |
| 8,4000 | 0,6762521535 | 587,4258263 | 267,016 |
| 8,5000 | 0,6815393655 | 587,5113711 | 266,576 |

|         |              |             |         |
|---------|--------------|-------------|---------|
| 8,6000  | 0,6867856622 | 587,5956210 | 266,136 |
| 8,7000  | 0,6919915328 | 587,6785912 | 265,696 |
| 8,8000  | 0,6971574579 | 587,7602965 | 265,256 |
| 8,9000  | 0,7022839092 | 587,8407514 | 264,816 |
| 9,0000  | 0,7073713503 | 587,9199701 | 264,376 |
| 9,1000  | 0,7124202366 | 587,9979668 | 263,936 |
| 9,2000  | 0,7174310155 | 588,0747553 | 263,496 |
| 9,3000  | 0,7224041265 | 588,1503491 | 263,056 |
| 9,4000  | 0,7273400019 | 588,2247615 | 262,616 |
| 9,5000  | 0,7322390661 | 588,2980058 | 262,176 |
| 9,6000  | 0,7371017366 | 588,3700948 | 261,736 |
| 9,7000  | 0,7419284237 | 588,4410411 | 261,296 |
| 9,8000  | 0,7467195308 | 588,5108573 | 260,856 |
| 9,9000  | 0,7514754547 | 588,5795557 | 260,416 |
| 10,0000 | 0,7561965854 | 588,6471483 | 259,976 |
| 10,1000 | 0,7608833066 | 588,7136470 | 259,536 |
| 10,2000 | 0,7655359956 | 588,7790635 | 259,096 |
| 10,3000 | 0,7701550236 | 588,8434093 | 258,656 |
| 10,4000 | 0,7747407559 | 588,9066957 | 258,216 |
| 10,5000 | 0,7792935516 | 588,9689339 | 257,776 |
| 10,6000 | 0,7838137645 | 589,0301349 | 257,336 |
| 10,7000 | 0,7883017422 | 589,0903094 | 256,896 |
| 10,8000 | 0,7927578273 | 589,1494682 | 256,456 |
| 10,9000 | 0,7971823568 | 589,2076215 | 256,016 |
| 11,0000 | 0,8015756623 | 589,2647799 | 255,576 |
| 11,1000 | 0,8059380706 | 589,3209533 | 255,136 |
| 11,2000 | 0,8102699030 | 589,3761520 | 254,696 |
| 11,3000 | 0,8145714761 | 589,4303855 | 254,256 |
| 11,4000 | 0,8188431018 | 589,4836638 | 253,816 |
| 11,5000 | 0,8230850869 | 589,5359963 | 253,376 |
| 11,6000 | 0,8272977338 | 589,5873925 | 252,936 |
| 11,7000 | 0,8314813403 | 589,6378617 | 252,496 |
| 11,8000 | 0,8356361998 | 589,6874129 | 252,056 |
| 11,9000 | 0,8397626011 | 589,7360552 | 251,616 |
| 12,0000 | 0,8438608291 | 589,7837976 | 251,176 |
| 12,1000 | 0,8479311642 | 589,8306487 | 250,736 |
| 12,2000 | 0,8519738827 | 589,8766171 | 250,296 |
| 12,3000 | 0,8559892571 | 589,9217115 | 249,856 |
| 12,4000 | 0,8599775559 | 589,9659401 | 249,416 |

|         |              |             |         |
|---------|--------------|-------------|---------|
| 12,5000 | 0,8639390434 | 590,0093113 | 248,976 |
| 12,6000 | 0,8678739806 | 590,0518332 | 248,536 |
| 12,7000 | 0,8717826243 | 590,0935138 | 248,096 |
| 12,8000 | 0,8756652281 | 590,1343611 | 247,657 |
| 12,9000 | 0,8795220417 | 590,1743829 | 247,217 |
| 13,0000 | 0,8833533115 | 590,2135869 | 246,777 |
| 13,1000 | 0,8871592803 | 590,2519807 | 246,337 |
| 13,2000 | 0,8909401875 | 590,2895719 | 245,897 |
| 13,3000 | 0,8946962693 | 590,3263678 | 245,457 |
| 13,4000 | 0,8984277587 | 590,3623757 | 245,017 |
| 13,5000 | 0,9021348854 | 590,3976029 | 244,577 |
| 13,6000 | 0,9058178759 | 590,4320564 | 244,137 |
| 13,7000 | 0,9094769538 | 590,4657433 | 243,697 |
| 13,8000 | 0,9131123396 | 590,4986705 | 243,257 |
| 13,9000 | 0,9167242507 | 590,5308449 | 242,817 |
| 14,0000 | 0,9203129019 | 590,5622731 | 242,377 |
| 14,1000 | 0,9238785048 | 590,5929619 | 241,937 |
| 14,2000 | 0,9274212685 | 590,6229179 | 241,497 |
| 14,3000 | 0,9309413991 | 590,6521474 | 241,057 |
| 14,4000 | 0,9344391001 | 590,6806569 | 240,617 |
| 14,5000 | 0,9379145724 | 590,7084528 | 240,177 |
| 14,6000 | 0,9413680141 | 590,7355413 | 239,737 |
| 14,7000 | 0,9447996210 | 590,7619285 | 239,297 |
| 14,8000 | 0,9482095861 | 590,7876205 | 238,857 |
| 14,9000 | 0,9515981001 | 590,8126234 | 238,417 |
| 15,0000 | 0,9549653512 | 590,8369431 | 237,977 |
| 15,1000 | 0,9583115253 | 590,8605855 | 237,537 |
| 15,2000 | 0,9616368057 | 590,8835563 | 237,097 |
| 15,3000 | 0,9649413738 | 590,9058613 | 236,657 |
| 15,4000 | 0,9682254083 | 590,9275060 | 236,217 |
| 15,5000 | 0,9714890858 | 590,9484962 | 235,777 |
| 15,6000 | 0,9747325809 | 590,9688373 | 235,337 |
| 15,7000 | 0,9779560658 | 590,9885348 | 234,897 |
| 15,8000 | 0,9811597107 | 591,0075940 | 234,457 |
| 15,9000 | 0,9843436836 | 591,0260203 | 234,017 |



$$T_{in} = 593 \text{ K}$$

$$T_{out} = 575,27 \text{ K}$$

$$P_{in} = 506,625 \text{ kPa}$$

$$P_{out} = 506,451 \text{ kPa}$$

Dipilih tinggi Bed 15,9 meter dengan konversi 98,4%

f Menghitung Berat Katalis

$$W = S \cdot \rho_b \cdot z$$

$$W = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot \rho_b \cdot z$$

$$W = 3,14 \times \frac{4^2}{4} \times 1890 \times 15,6$$

$$W = 589.751 \text{ kgcat}$$

g Menghitung Ukuran Reactor

7) Menghitung Volume Shell Reactor

Volume dibuat oversize sebesar 13,5% dengan alasan keselamatan

$$V_{bed} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot z \cdot (1 + 0,135)$$

$$V_{bed} = \frac{3,14 \times 4^2}{4} \times 1890 \times (1 + 0,135)$$

$$V_{bed} = 354,16 \text{ m}^3$$

$$V/z = \frac{347,48025}{15,6} = 22,3$$

8) Menghitung Diameter Shell Reaktor

$$V_{bed} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{V/z \cdot 4}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{22,3 \times 4}{3,14}}$$

$$D = 5,326818 \text{ m}$$

9) Menghitung Tebal dan Dinding Reaktor

Spesifikasi

Bahan : SA-167 Grade 10 Tipe 18 Cr-8 Ni

Allowable stress (fall) : 75000 psi

Efisiensi sambungan (e) : 0.8

(Brownell and young, Hal 342)

#### 10) Menghitung Faktor Korosi

Faktor korosi berkisar antara 0,13 mm sampai 0,5 mm/tahun

Dirancang : factor korosi = 0,5 mm/tahun

Umur reactor : 10 tahun

Maka :

$$C'' = 0,5 \text{ mm/tahun} \times 10 \text{ tahun} \times 0.001 \text{ m/mm}$$

$$C'' = 0,005 \text{ m} = 0,1969 \text{ in}$$

#### 11) Menentukan Tekanan Perancangan

$$P_{design} = 1,5 \times P_{operasi}$$

$$P_{design} = 1,5 \times 3 \text{ atm}$$

$$P_{design} = 4,5 \text{ atm} = 455,960 \text{ kPa} = 66,131 \text{ psi}$$

#### 12) Menentukan Jari-jari Dalam

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

$$R = \frac{4,2615 \text{ m}}{2}$$

$$R = 2,66 \text{ m} = 104,81 \text{ in}$$

Dihitung dengan persamaan :

$$ts = \frac{P_{gauge} \times Ro}{f \times e + 0.4 \times P_{design}} + C''$$

Dimana

$P_{design}$ : Tekanan desain atau max, tekanan kerja yang diizinkan  
(psi)

$f_{all}$  : Nilai tegangan material (psi) allowable stress

$e$  : Effisiensi sambungan

$R_o$  : Radius luar (in)

$D$  : Diameter luar (in)

$t_s$  : Ketebalan dinding (in)

$$t_s = \frac{P_{design} \times R_o}{f_{all} \times e + 0.4 \times P_{design}} + C''$$

$$t_s = \frac{110,21925 \text{ kPa} \times 104,858671 \text{ in}}{75000 \text{ psi} \times 0.8 + 0.4 \times 110,21925 \text{ kPa}} + 0.1969 \text{ in}$$

$$t_s = 0.312374038 \text{ in}$$

Digunakan tebal standar  $\frac{1}{4}$  in

Sehingga

$$OD \text{ dari shell reaktor} = 2 \times t_s + D$$

$$OD = 2 \times 0,39 \text{ in} + 209,7 \text{ in}$$

$$OD = 210,22 \text{ in}$$

Dipilih OD standar 216 in (Brownell and young, Hal 91)

#### h Menghitung dan Menentukan Head

Bahan yang digunakan untuk head sama dengan bahan shell yaitu SA-167 Grade 10 Tipe 18 Cr-8 Ni dan untuk tekanan operasi < 15 bar, head yang digunakan berjenis torispherical dishead.

(Brownell and young, 1959)

#### 5) Menghitung Tebal Head

$$ID_{baru} = OD_{standar} - 2 \times ts$$

$$ID_{baru} = 216 \text{ in} - 2 \times 0,3124 \text{ in}$$

$$ID_{baru} = 215,4 \text{ in}$$

Diketahui

$$r : 170$$

$$icr : 13$$

(Brownell and young, Hal 91)

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

$$W = \frac{1}{4} \left( 3 + \sqrt{\frac{170}{13}} \right)$$

$$W = 1,6540507 \text{ in}$$

$$th = \frac{P \cdot r \cdot W}{2(f \cdot E - 0.1 \cdot P)}$$

$$th = \frac{66,13188908 \text{ psig} \times 170 \times 4.6136 \text{ in}}{2(75000 \times 0.8 - 0.1 \times 66,13188908 \text{ psig})}$$

$$th = 0.15 \text{ in}$$

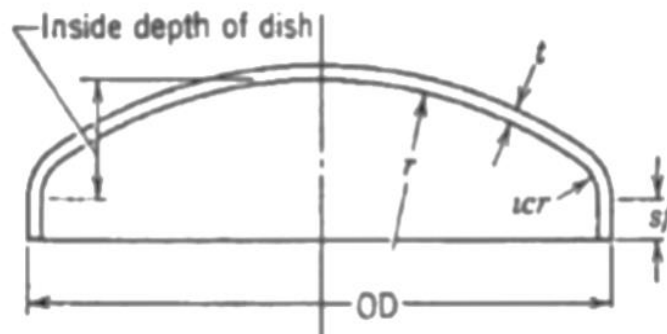
Maka dipilih th sesuai standar 3/16 in

#### 6) Straight flange

Straight flange menurut buku Brownell, Hal 93 berkisar dari 1.5 hingga 3 in

Maka dipilih SF maximum karena diameter lebih dari 60 in

$$SF = 3 \text{ in} = 0.0762 \text{ m}$$



Keterangan :

t = tebal head

OD = diameter luar

sf = straight flange

icr = knuckle radius

r = jari-jari

7) Menentukan Tinggi Head

$$H = \text{inside depth} + t + sf$$

$$H_{head} = r - \sqrt{(r - icr)^2 - \left(\frac{ID}{2} - icr\right)^2} + t + sf$$

$$H_{head} = 170 - \sqrt{(170 - 13)^2 - \left(\frac{179.5 \text{ in}}{2} - 11\right)^2} + 0.1875 \text{ in} + 3 \text{ in}$$

$$H_{head} = 48,00188781 \text{ in} = 1,21924795 \text{ m}$$

Maka

$$H_{head \text{ total}} = H_{bed} + 2 \cdot H_{head}$$

$$H_{head \text{ total}} = 15,6 \text{ m} + 2 \times 1,21925 \text{ m}$$

$$H_{head \text{ total}} = 18,0385 \text{ m}$$

8) Menentukan Volume Head

$$V_{head} = 0.000049 \cdot ID^3$$

Keterangan

ID : Diameter dalam vessel (in)

V : Volume head piringan torispherical ke lens lurus  
(ft<sup>3</sup>)

$$V_{head} = 0.000049 \cdot ID^3$$

$$V_{head} = 0.000049 \cdot (215,5 \text{ in})^3$$

$$V_{head} = 490,38582 \text{ ft}^3 = 13,886157 \text{ m}^3$$

g Menentukan Volume Total Reaktor

$$V_{total} = V_{bed} + 2 \cdot V_{head}$$

$$V_{total} = 347,48025 \text{ m}^3 + 2 \times 13,886157 \text{ m}^3$$

$$V_{total} = 375,2525644 \text{ m}^3$$

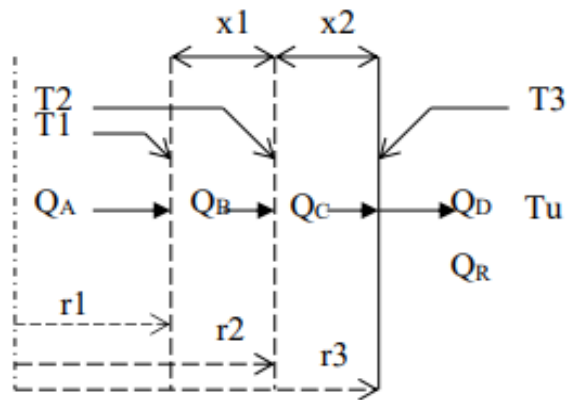
### **Tebal Isolator**

Asumsi : - Keadaan Steady State

- Suhu dinding luar reactor 50 °C

- Suhu udara luar 30 °C





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 fisis bahan isolator

Bahan isolasi = Abestos felt, 20 lamination

$K_{iso} = 0,095 \text{ W/m.K}$

$\epsilon = 0,932$  (Kern, Tabel 4-1)

- Sifat fisis udara (320,65 K)

$T_f = 313 \text{ K}$

$k = 0,0272254 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$

$\rho_f = 0,390756 \text{ kg/m}^3$

$Pr = 0,70514$

$C_p = 1,006558 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$

$DT = 293 \text{ K}$

$\mu = 1,90569\text{E-}05 \text{ kg/m.s}$

$\beta = 0,003194888 \text{ K}^{-1}$

$\nu = 1,70082\text{E-}05 \text{ m}^2/\text{s}$

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

$r_3 = r_2 + x$

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

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

$L = 15,6 \text{ m}$

- c. Perpindahan panas konduksi

$$Q_b = \frac{2 \pi k_s L (T_1 - T_2)}{\ln (r_2/r_1)}$$

$$Q_c = \frac{2 \pi k_{is} L (T_2 - T_3)}{\ln (r_3/r_2)}$$

d. Perpindahan panas konveksi

$$Qd = hc A (T3 - T4)$$

$$Qd = hc 2 \pi r3 L (T3 - T4)$$

Karena nilai bilangan Rayleigh  $> 10^9$  maka :

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

$$hc = 3,555887078 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$hr = \sigma \varepsilon \frac{(T_w^4 - T_u^4)}{(T_w - T_u)}$$

$$hr = 0,014373677 \text{ W.m}^2/\text{K}^4$$

$$r1 = 2,5 \text{ m}$$

$$r2 = 2,663409469 \text{ m}$$

$$r3 = 2,831600787 \text{ m}$$

$$QR = 36.037,4748$$

$$QD = 19.750,0075$$

$$QC = QR + QD$$

$$QC = 55.787,4823$$

$$QB = QC = 55.787,4823$$

$$T2 - 323 = 367,8 \text{ K}$$

$$T1 = 707,84 \text{ K}$$

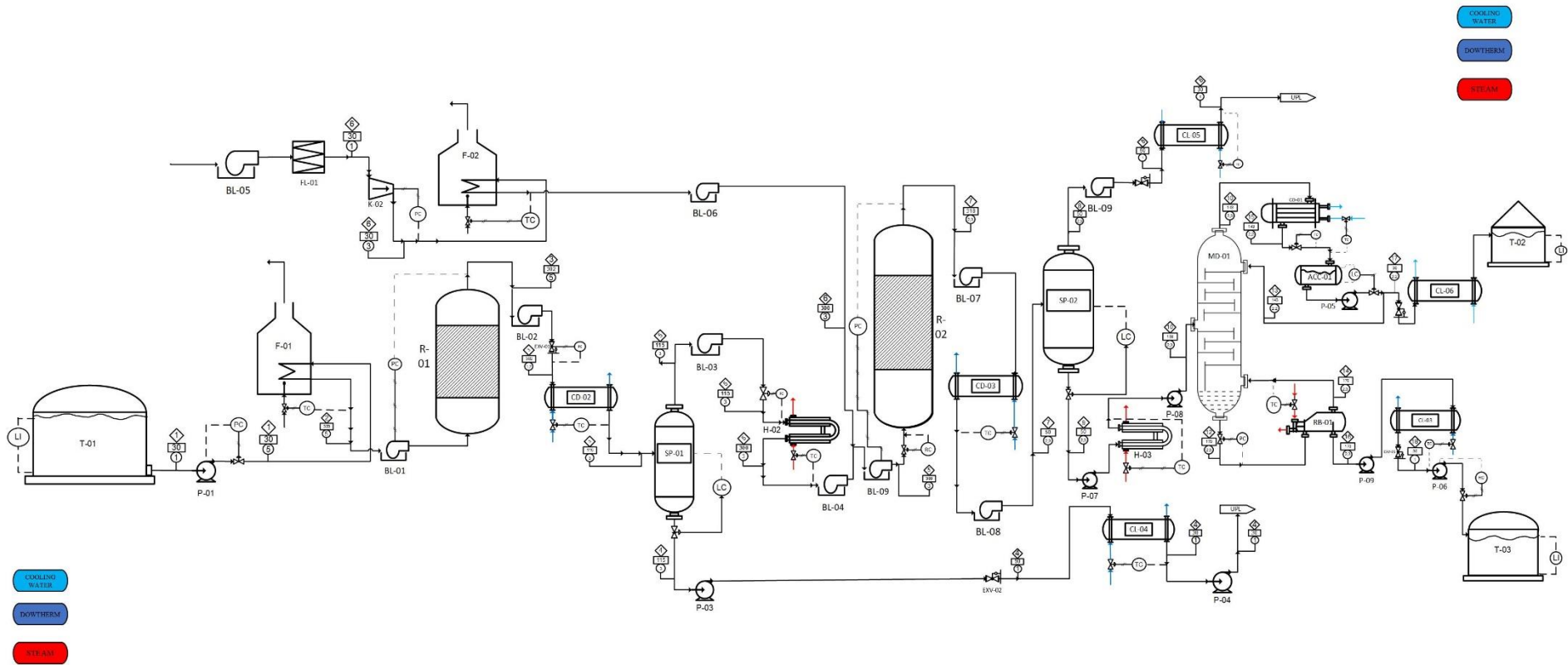
$$T2 = 705,95 \text{ K}$$

Kemudian persamaan diatas di goalseek sehingga didapatkan :

$$X \text{ (tebal isolasi)} = 0,17 \text{ m} = 17 \text{ cm}$$

# LAMPIRAN B

## PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRA RANCANGAN PABRIK ACRYLIC ACID DARI GLYCEROL DENGAN KAPASITAS 120.000 TON/TAHUN



| KOMPONEN                        | NOMOR ARUS (Kg/Jam) |       |         |          |          |          |           |          |          |        |         |        |         |        |         |        |    |    |
|---------------------------------|---------------------|-------|---------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|----|----|
|                                 | 1                   | 2     | 3       | 4        | 5        | 6        | 7         | 8        | 9        | 10     | 11      | 12     | 13      | 14     | 15      | 16     | 17 | 18 |
| N <sub>2</sub>                  |                     |       |         |          |          | 32944,09 | 32944,093 | 32944,09 |          |        |         |        |         |        |         |        |    |    |
| O <sub>2</sub>                  |                     |       |         |          |          | 10008,33 | 8020,04   | 8020,04  |          |        |         |        |         |        |         |        |    |    |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O |                     |       | 2247,29 | 11676,39 |          | 222,78   |           | 222,78   | 222,78   | 556,55 | 0,00    | 333,77 | 0,00    | 222,78 | 0,00    | 222,78 |    |    |
| H <sub>2</sub> O                | 22,74               | 22,74 | 3517,50 | 3517,50  | 5456,196 |          | 5456,20   | 5456,20  | 13441,50 | 91,76  | 8061,06 | 16,00  | 5380,44 | 75,76  | 5380,44 |        |    |    |

| Keterangan Alat |                 | Keterangan Instrumen |                        |
|-----------------|-----------------|----------------------|------------------------|
| ACC             | Accumulator     | FC                   | Flow Controller        |
| BL              | Blower          | LC                   | Level Controller       |
| CD              | Condenser       | LI                   | Level Indicator        |
| CL              | Cooler          | PC                   | Pressure Controller    |
| CO              | Compressor      | RC                   | Ratio Controller       |
| EXV             | Expansion Valve | TC                   | Temperature Controller |
| FI              | Filter          | Keterangan Instrumen |                        |
| FU              | Furnace         | Nomor Arus           |                        |
| II              | Heater          | Temperature °C       |                        |
| MD              | Menara Disilasi |                      |                        |

  
**JURUSAN TEKNIK KIMIA**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
 2022  
**PRARANCANGAN PABRIK ASAM AKRILAT DARI GLISEROL DENGAN KAPASITAS 120.000 TON/TAHUN**  
**DISUSUN OLEH:**  
 Draki Silverta Liadi (18521158)

## LAMPIRAN C

### KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

#### KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

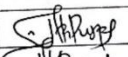
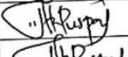
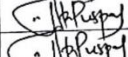
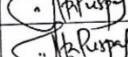

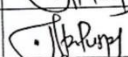
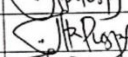
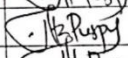
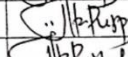
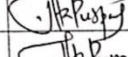




1. Nama Mahasiswa : Dzaki Silverta Liadi  
No. MHS : 18521158
2. Nama Mahasiswa : Nasha Salvadila  
No. MHS : 18521199

Judul Prarancangan \*) :

Pra-Rancangan Pabrik Asam Akrilat dari Gliserol Kapasitas 120.000 Ton/Tahun

Mulai Masa Bimbingan : 5 Juni 2022

Batas Akhir Bimbingan : 2 Desember 2022

| No  | Tanggal           | Materi Bimbingan                                     | Paraf Dosen                                                                           |
|-----|-------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.  | 3 Februari 2022   | Penentuan Kapasitas                                  |   |
| 2.  | 8 Februari 2022   | Persetujuan Luaran 1                                 |  |
| 3.  | 11 Maret 2022     | Pembahasan profit kotor                              |  |
| 4.  | 15 Maret 2022     | Revisi luaran 1 dan pembahasan luaran 2              |  |
| 5.  | 14 April 2022     | Pembahasan luaran 3, persetujuan luaran 3            |  |
| 6.  | 19 April 2022     | Pembahasan diagram alir                              |  |
| 7.  | 30 April 2022     | Penyempurnaan diagram alir serta tata tulis komponen |  |
| 8.  | 10 Mei 2022       | Pembahasan Neraca Massa                              |  |
| 9.  | 22 Juni 2022      | Revisi NM Reaktor 1                                  |  |
| 10. | 12 Juli 2022      | Revisi Diagram Alir dan Alat besar                   |  |
| 11. | 25 Juli 2022      | Pembahasan dan revisi neraca massa                   |  |
| 12. | 11 Agustus 2022   | Pembahasan spesifikasi alat besar & kecil, luaran 6  |  |
| 13. | 9 September 2022  | Pembahasan luaran 7-13                               |  |
| 14. | 20 September 2022 | Pembahasan luaran 14, 15, 16 & Naskah                |  |
|     |                   |                                                      |                                                                                       |
|     |                   |                                                      |                                                                                       |
|     |                   |                                                      |                                                                                       |
|     |                   |                                                      |                                                                                       |
|     |                   |                                                      |                                                                                       |
|     |                   |                                                      |                                                                                       |

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

**Disetujui Draft Penulisan:**  
Yogyakarta, 20 September 2022  
**Pembimbing,**



**Ifa Puspasari, Dr., S.T., M.Eng.**

**KARTU KONSULTASI BIMBINGAN  
PRARANCANGAN**

1. Nama Mahasiswa : Dzaki Silverta Liadi  
 No. MHS : 18521158  
 2. Nama Mahasiswa : Nasha Salvadila  
 No. MHS : 18521199  
 Judul Prarancangan \*) :

Pra-Rancangan Pabrik Asam Akrilat dari Gliserol Kapasitas 120.000 Ton/Tahun

Mulai Masa Bimbingan : **5 Juni 2022**  
 Batas Akhir Bimbingan : **2 Desember 2022**

| No  | Tanggal           | Materi Bimbingan                                                | Paraf Dosen |
|-----|-------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------|
| 1.  | 17 Desember 2021  | Perkenalan dan pengarahan                                       | <i>stey</i> |
| 2.  | 31 Januari 2022   | Penentuan kapasitas                                             | <i>stey</i> |
| 3.  | 7 Februari 2022   | Revisi luaran 1                                                 | <i>stey</i> |
| 4.  | 24 Februari 2022  | Pembahasan luaran 2 dan 3                                       | <i>stey</i> |
| 5.  | 31 Maret 2022     | Persetujuan diagram kualitatif                                  | <i>stey</i> |
| 6.  | 19 April 2022     | Revisi dan finalisasi diagram kualitatif                        | <i>stey</i> |
| 7.  | 22 Juni 2022      | Revisi alat besar dan diagram alir                              | <i>stey</i> |
| 8.  | 25 Agustus 2022   | Pembahasan perancangan reaktor, heat exchanger dan neraca panas | <i>stey</i> |
| 9.  | 8 September 2022  | Pembahasan luaran 7,8,10,11                                     | <i>stey</i> |
| 10. | 12 September 2022 | Pembahasan luaran 12, 13, dan Utilitas, Ekonomi                 | <i>stey</i> |
| 11. | 21 September 2022 | Pembahasan luaran 14, 15 dan naskah                             | <i>stey</i> |
|     |                   |                                                                 |             |
|     |                   |                                                                 |             |
|     |                   |                                                                 |             |

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

Disetujui Draft Penulisan:  
Yogyakarta, 21 September 2022  
Pembimbing,



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