

# **PRARANCANGAN PABRIK ASAM AKRILAT DARI PROPILEN DAN UDARA KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN**

## **PRA RANCANGAN PABRIK**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia



Oleh :

Nama : Fadhilah Sidiq

No. Mahasiswa : 20521093

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

**2025**

## **LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**

### **PRARANCANGAN PABRIK ASAM AKRILAT DARI PROPILLEN DAN UDARA KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN**

#### **PRA RANCANGAN PABRIK**

**Oleh :**

**Nama : Fadhilah Sidiq**

**No. Mahasiswa : 20521093**

**Yogyakarta, 22 Januari 2025**

**Pembimbing**



**Dr. Khamdan Cahyari S.T., M.Sc.**

## **LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL**

### **PRARANCANGAN PABRIK ASAM AKRILAT DARI PROPILEN DAN UDARA KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN**

**Saya yang bertanda tangan di bawah ini :**

**Nama : Fadhilah Sidiq**

**No. Mahasiswa : 20521093**

**Yogyakarta, 22 Januari 2025**

Menyatakan bahwa naskah Pra rancangan Pabrik ini telah disusun sesuai dengan kaidah ilmiah. Apabila ditemukan indikasi pelanggaran maka saya bersedia mempertanggung jawabkan sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



Mahasiswa

Fadhilah Sidiq

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**  
**PRARANCANGAN PABRIK ASAM AKRILAT DARI PROPILLEN DAN**  
**UDARA KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN**

**PRA RANCANGAN PABRIK**

Oleh :

Nama : Fadhilah Sidiq

No. Mahasiswa : 20521093

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, 22 Januari 2025

Tim Penguji,

Dr. Khamdan Cahyari S.T., M.Sc.

Ketua

Dr. Tintin Mutiara S. T., M. Eng..

Anggota I

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

Anggota II

  
\_\_\_\_\_  
  
\_\_\_\_\_  
  
\_\_\_\_\_  
20/02/2025

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia



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

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh*

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan Rahmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Prarancangan Pabrik Asam Akrilat dari Propilen dan Udara dengan Kapasitas 60.000 Ton/Tahun” dengan baik dan lancar. Naskah Tugas Akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat kelulusan untuk mendapatkan gelar sarjana jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Selama melakukan penyusunan naskah Tugas Akhir ini tidak lepas dari berbagai bantuan, bimbingan serta dukungan yang penulis dapatkan sehingga naskah ini dapat terselesaikan. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang turut membantu dan mendukung selama proses penyusunan berlangsung, terutama kepada :

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya
2. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan izin dan arahan untuk mata kuliah Tugas Akhir Prarancangan Pabrik.
3. Bapak Soleh Ma'mun S.T., M.T., Ph.D. selaku Kaprodi Teknik Kimia Program Sarjana Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
4. Bapak Dr. Khamdan Cahyari S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing kami yang senantiasa meluangkan waktunya untuk memberikan berbagai masukan demi kelancaran pelaksanaan maupun penyusunan tugas akhir ini.
5. Dosen dan Staff di Program Studi Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia yang telah membantu dalam mempersiapkan diri kami sehingga kami mampu/siap melaksanakan tugas akhir.
6. Teman-teman Teknik Kimia FTI UII Angkatan 2020 yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama penyusunan naskah.
7. Orang tua saya tercinta di kampung sana yang telah mensupport segala hal baik moril maupun nonmoril dengan do'a-do'a yang dimunajatkan setiap langkahnya untuk keberlangsungan proses kelulusan saya.

Kami menyadari bahwa penyusunan naskah ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, kami mengharapkan saran dari semua pihak untuk mewujudkan perkembangan yang positif bagi kami. Demikian naskah ini kami susun, semoga dapat bermanfaat untuk pembaca. Akhir kata kami ucapkan terimakasih.

Yogyakarta,

Penulis

## LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Tugas akhir ini saya persembahkan kepada :

Mamah dan bapak yang sangat adil cintai yang tak henti memberikan semua hal untuk adil dalam proses berkuliah berawal dari ketidaktahuan akan ilmu pengetahuan dan alhamdulillah mempunyai pengetahuan untuk bekal kelak di masa yang akan datang untuk bekal adil lalui nanti.

Tidak lupa kepada segenap rekan kawan kerabat yang telah memberikan semangat dorongan dukungan yang tak henti untuk semangat berproses menyusun tugas akhir ini hingga rampung. Terima kasih teman sejawat aulia asyarofi, fayyad ammar muhammad, yuanda septian pratiwi yang telah menjadi tempat bertanya dan keluh kesah selama mengerjakan tugas akhir ini. Terima kasih kepada orang yang adil cintai dan sayangi telah menemani dalam beberapa tahun ini.

Terima kasih kepada bapak kedua saya, bapak pembimbing khamdan cahyari selama menyusun tugas akhir ini hingga selesai, semoga diberikan kesehatan dan kelancaran terus untuk mencetak generasi selanjutnya hingga menjadi orang sukses dimata dunia. Semoga semua ilmu yang telah diberikan kepada saya menjadi ilmu yang barokah dan bermanfaat dunia akhirat, dan tidak dijadikan ilmu ini menjadi kesombongan atau kehancuran hingga sia-sia dimasa kelak.

Terima kasih kepada pak win yang telah membimbing saya dalam menyusun tugas akhir ini hingga rampung, semoga kelak ilmu yang bapak berikan kepada saya menjadi ilmu yang barokah dunia akhirat.

Terima kasih untuk semua segala hal yang telah saya lalui dalam berproses dimasa kuliah ini, walaupun tidak menjadi orang pintar dan genius akan tetapi insyaallah ingin menjadi orang yang bermanfaat dan berguna di lingkungan masyarakat, di sayangi oleh orang-orang terbaik. Mungkin didunia ini tidak ada yang tidak mungkin, akan tetapi hanya saja beda usaha dan jalan yang kita lalui untuk mencapai tujuan di akhir.

“tidak akan pulang sampai saya menjadi seorang sarjana” dan motto itu saya berjanji dengan tekad yang kuat hingga sidang telah dilakukan.

Mamah, mamah, mamah dan bapak engkau seseorang yang adil cintai dan menjadi tokoh terpenting dalam hidup adil kelak dimasa yang akan datang.

“Lailahailaanta subhanaka innikuntum minadzolimin”



Fadhilah Sidiq

Teknik Kimia 2020

## DAFTAR ISI

|                                                          |      |
|----------------------------------------------------------|------|
| Sampul.....                                              | i    |
| Lembar Pengesahan Pembimbing .....                       | ii   |
| Lembar Pernyataan Keaslian Hasil .....                   | iii  |
| Lembar Pengesahan Penguji .....                          | iv   |
| Kata Pengantar .....                                     | v    |
| Lembar Persembahan .....                                 | vii  |
| Daftar Isi.....                                          | ix   |
| Daftar Tabel.....                                        | xiii |
| Daftar Gambar .....                                      | xv   |
| Abstrak .....                                            | xvi  |
| Abstract .....                                           | xvii |
| BAB I .....                                              | 1    |
| 1.1. Latar Belakang .....                                | 1    |
| 1.2. Penentuan Kapasitas Pabrik .....                    | 1    |
| 1.3. Tinjauan Pustaka .....                              | 4    |
| 1.3.1. Asam akrilat .....                                | 4    |
| 1.3.2. Macam-Macam Proses.....                           | 5    |
| 1.3.3. Ekonomi Potensial .....                           | 6    |
| 1.3.4. Pemilihan Proses .....                            | 8    |
| 1.4. Tinjauan Termodinamika dan Kinetika.....            | 9    |
| 1.4.1. Tinjauan Termodinamika.....                       | 9    |
| 1.4.2. Tinjauan Kinetika .....                           | 16   |
| BAB II.....                                              | 26   |
| 2.1. Spesifikasi Produk.....                             | 26   |
| 2.2. Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung.....     | 27   |
| 2.3. Pengendalian Kualitas .....                         | 28   |
| 2.3.1. Pengendalian Kualitas Bahan Baku dan Produk ..... | 28   |
| 2.3.2. Pengendalian Kualitas Proses Produksi .....       | 30   |
| 2.3.3. Pengendalian Kualitas Produk .....                | 33   |
| BAB III.....                                             | 34   |
| 3.1. Diagram Alir Proses dan Material.....               | 34   |

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| 3.2. Uraian Proses.....                                      | 34 |
| 3.2.1. Tahap Persiapan Bahan Baku .....                      | 34 |
| 3.2.2. Reaksi Oksidasi Propilen .....                        | 35 |
| 3.2.3. Tahap Pemisahan .....                                 | 36 |
| 3.3. Spesifikasi Alat.....                                   | 37 |
| 3.3. Neraca Massa .....                                      | 53 |
| 3.4.1. Neraca Massa Reaktor Multibed Multitubular .....      | 53 |
| 3.1. Neraca Massa di Separator.....                          | 53 |
| 3.1. Neraca Massa di Menara Destilasi I .....                | 54 |
| 3.4.4. Neraca Massa di Menara Destilasi II .....             | 54 |
| 3.4. Neraca Panas .....                                      | 55 |
| 3.5.1. Heat Exchanger I .....                                | 55 |
| 3.5.2. Vaporizer .....                                       | 55 |
| 3.5.3. Reaktor .....                                         | 52 |
| 3.5.4. Reboiler.....                                         | 52 |
| 3.5.5. Condensor .....                                       | 53 |
| 3.5.6. Waste Heat Boiler .....                               | 54 |
| 3.5.7. Condensor Parsial .....                               | 54 |
| 3.5.8. Cooler.....                                           | 55 |
| BAB IV .....                                                 | 56 |
| 4.1. Lokasi pabrik .....                                     | 56 |
| 4.1.1. Ketersediaan bahan baku .....                         | 56 |
| 4.1.2. Pemasaran produk .....                                | 57 |
| 4.1.3. Utilitas .....                                        | 57 |
| 4.1.4. Transportasi .....                                    | 57 |
| 4.1.5. Tenaga kerja.....                                     | 58 |
| 4.1.6. Keadaan iklim .....                                   | 58 |
| 4.1.7. Sosial masyarakat .....                               | 58 |
| 4.2. Tata letak pabrik (Layout Plant).....                   | 58 |
| 4.2.1. Daerah administrasi/perkantoran dan laboratorium..... | 59 |
| 4.2.2. Daerah proses dan ruang kontrol .....                 | 59 |
| 4.2.3. Daerah pergudangan, umum, bengkel dan garasi .....    | 59 |

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.2.4. Daerah utilitas dan power station.....                           | 60 |
| 4.3. Layout pabrik asam akrilat .....                                   | 62 |
| 4.4. Tata letak mesin/alat (machines).....                              | 63 |
| 4.4.1. Aliran bahan baku dan produk.....                                | 63 |
| 4.4.2. Aliran udara .....                                               | 63 |
| 4.4.3. Pencahayaan.....                                                 | 63 |
| 4.4.4. Lalu lintas manusia dan kendaraan .....                          | 63 |
| 4.4.5. Jarak antar alat proses .....                                    | 63 |
| 4.5. Layout alat proses.....                                            | 64 |
| 4.6. Organisasi perusahaan .....                                        | 64 |
| 4.6.1. Bentuk perusahaan .....                                          | 64 |
| 4.6.2. Struktur organisasi .....                                        | 65 |
| 4.6.3. Tugas dan wewenang.....                                          | 66 |
| BAB V.....                                                              | 77 |
| 5.1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air ( <i>Water Treatment</i> )..... | 77 |
| 5.1.1. Unit Penyediaan Air.....                                         | 77 |
| 5.1.2. Unit pengolahan air.....                                         | 80 |
| 5.2. Unit Pembangkit Steam ( <i>Steam Generation System</i> ).....      | 83 |
| 5.3. Unit Pembangkit Listrik ( <i>Power Plant System</i> ) .....        | 84 |
| 5.4. Unit Penyediaan Udara Tekan.....                                   | 86 |
| 5.5. Unit penyediaan bahan bakar .....                                  | 86 |
| 5.6. Unit Pengolahan Limbah.....                                        | 86 |
| 5.6.1. Diagram Alir Air Utilitas.....                                   | 88 |
| 6.1. Penaksiran harga peralatan.....                                    | 90 |
| 6.2. Dasar perhitungan .....                                            | 92 |
| 6.3. Perhitungan biaya .....                                            | 92 |
| 6.3.1. <i>Capital Invesment</i> .....                                   | 92 |
| 6.3.2. <i>Manufacturing Cost</i> .....                                  | 92 |
| 6.3.3. <i>General expenses</i> .....                                    | 93 |
| 6.4. Analisa Kelayakan.....                                             | 93 |
| 6.4.1. <i>Percentage Return on Investment (ROI)</i> .....               | 93 |
| 6.4.2. <i>Pay Out Time (POT)</i> .....                                  | 94 |

|                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------|-----|
| 6.4.3. <i>Break Even Point</i> (BEP).....                       | 94  |
| 6.4.4. <i>Discounted Cash Flow Rate of Return</i> (DCFRR) ..... | 95  |
| 6.5. Hasil Perhitungan .....                                    | 96  |
| 6.5.1. Analisa keuntungan .....                                 | 101 |
| 6.5.2. Hasil Kelayakan Ekonomi.....                             | 101 |
| 6.5.3. Pay Out Time (POT) .....                                 | 101 |
| 6.5.4. Break Event Point (BEV) .....                            | 101 |
| 6.5.5. <i>Shut Down Point</i> (SDP).....                        | 101 |
| 6.5.6. <i>Discounted Cash Flow of Return</i> (DCFR) .....       | 102 |
| BAB VII .....                                                   | 103 |
| 7.1. Kesimpulan.....                                            | 103 |
| 7.2. Saran.....                                                 | 104 |
| Daftar Pustaka .....                                            | 105 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 1. 1 Data impor asam akrilat di indonesia.....                             | 1  |
| Tabel 1. 2 Data ekspor asam akrilat di indonesia.....                            | 2  |
| Tabel 1. 3 Data konsumsi asam akrilat di indonesia.....                          | 2  |
| Tabel 1. 4 Data proyeksi 5 tahun kedepan kebutuhan asam akrilat di indonesia.... | 3  |
| Tabel 1. 5 Nama senyawa dengan jumlah masing-masing mol.....                     | 7  |
| Tabel 1. 6 Bahan Baku per Kilogram.....                                          | 7  |
| Tabel 1. 7 Pemilihan Proses .....                                                | 8  |
| Tabel 1. 8 Data Entalpi pada Setiap Senyawa.....                                 | 10 |
| Tabel 1. 9 Data Kapasitas Panas .....                                            | 10 |
| Tabel 1. 10 Data Energi Gibbs .....                                              | 15 |
| Tabel 1. 11 Kinetika Reaksi .....                                                | 16 |
| Tabel 2. 1 Spesifikasi Produk Utama dan Produk Samping .....                     | 26 |
| Tabel 2. 2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung .....                      | 27 |
| Tabel 3. 1 Spesifikasi Reaktor .....                                             | 37 |
| Tabel 3. 2 Spesifikasi Separator.....                                            | 38 |
| Tabel 3. 3 Spesifikasi Menara Distilasi I .....                                  | 39 |
| Tabel 3. 4 Spesifikasi Menara Distilasi II.....                                  | 40 |
| Tabel 3. 5 alat penyimpan bahan.....                                             | 41 |
| Tabel 3. 6 Alat Transportasi Bahan .....                                         | 43 |
| Tabel 3. 7 Heat Exchanger I.....                                                 | 44 |
| Tabel 3. 8 Heat Exchanger II .....                                               | 45 |
| Tabel 3. 9 Akumulator .....                                                      | 46 |
| Tabel 3. 10 Boiler.....                                                          | 47 |
| Tabel 3. 11 Vaporizer.....                                                       | 48 |
| Tabel 3. 12 Condensor I.....                                                     | 49 |
| Tabel 3. 13 Condensor II.....                                                    | 50 |
| Tabel 3. 14 Cooler I .....                                                       | 51 |
| Tabel 3. 15 Cooler II .....                                                      | 52 |
| Tabel 3. 16 Neraca Massa Reaktor Multibed Multitubular.....                      | 53 |
| Tabel 3. 17 Neraca Massa di Separator.....                                       | 53 |
| Tabel 3. 18 Neraca Massa di Menara Destilasi I .....                             | 54 |
| Tabel 3. 19 Neraca Massa di Menara Destilasi II .....                            | 54 |
| Tabel 3. 20 Heat Exchanger I.....                                                | 55 |
| Tabel 3. 21 Heat Exchanger II .....                                              | 55 |
| Tabel 3. 22 Vaporizer.....                                                       | 55 |
| Tabel 3. 23 Reaktor .....                                                        | 52 |
| Tabel 3. 24 Reboiler I.....                                                      | 52 |
| Tabel 3. 25 Reboiler II .....                                                    | 53 |
| Tabel 3. 26 Condensor I .....                                                    | 53 |
| Tabel 3. 27 Condensor II.....                                                    | 53 |
| Tabel 3. 28 Waste Heat Boiler .....                                              | 54 |

|                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 3. 29 Condensor Parsial .....                       | 54  |
| Tabel 3. 30 Cooler I .....                                | 55  |
| Tabel 3. 31 Cooler II .....                               | 55  |
| Tabel 4. 1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik ..... | 60  |
| Tabel 4. 2 Karyawan Shift .....                           | 71  |
| Tabel 4. 3 Daftar Gaji Karyawan .....                     | 72  |
| Tabel 5. 1 Air Umpan Boiler.....                          | 78  |
| Tabel 5. 2 Kebutuhan Steam .....                          | 82  |
| Tabel 5. 3 Kebutuhan Air Proses .....                     | 82  |
| Tabel 5. 4 Kebutuhan Air Service Water .....              | 83  |
| Tabel 5. 5 Kebutuhan listrik proses dan utilitas.....     | 85  |
| Tabel 6. 1 Index Harga Alat.....                          | 90  |
| Tabel 6. 2 Dasar Perhitungan .....                        | 92  |
| Tabel 6. 3 Physical Plant Cost.....                       | 96  |
| Tabel 6. 4 Direct Plan Cost (DPC).....                    | 97  |
| Tabel 6. 5 Fixed Capital Investment (FCI) .....           | 97  |
| Tabel 6. 6 Direct Manufacturing Cost (DMC).....           | 97  |
| Tabel 6. 7 Indirect Manufacturing Cost (IMC).....         | 98  |
| Tabel 6. 8 Fixed Manufacturing Cost (FMC) .....           | 98  |
| Tabel 6. 9 Manufacturing Cost (MC).....                   | 98  |
| Tabel 6. 10 Working Capital (WC).....                     | 99  |
| Tabel 6. 11 General Expense (GE) .....                    | 99  |
| Tabel 6. 12 Total Production Cost (TPC) .....             | 99  |
| Tabel 6. 13 Fixed Cost (Fa).....                          | 99  |
| Tabel 6. 14 Variable Cost (Ra) .....                      | 100 |
| Tabel 6. 15 Regulated Cost (Ra).....                      | 100 |
| Tabel 6. 16 Analisa Keuntungan.....                       | 101 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 1. 1 Grafik Ekspor dan Impor Asam Akrilat di Indonesia .....                    | 3   |
| Gambar 1. 2 Gliserol melalui dua langkah menggunakan katalis Au/CeO <sub>2</sub> ..... | 6   |
| Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif .....                                              | 34  |
| Gambar 3. 2 Lokasi Pendirian Pabrik .....                                              | 56  |
| Gambar 4. 1 Layout Pabrik .....                                                        | 62  |
| Gambar 4. 2 Layout Alat Proses .....                                                   | 64  |
| Gambar 4. 3 Struktur Organisasi.....                                                   | 66  |
| Gambar 6. 1 Grafik Penentuan BEP dan SDP Secara Grafis.....                            | 102 |

## ABSTRAK

Asam akrilat merupakan bahan kimia intermediate yang banyak digunakan dalam produksi ester akrilat dan resin yang kemudian dipolimerisasi sehingga menjadi cat, pelapis, tekstil. Maka, dibangun pabrik asam akrilat dari propilen dan udara dengan kapasitas 60.000 ton/tahun dengan bertujuan mengurangi ketergantungan konsumtif impor dari negara asing, meningkatkan laju perekonomian indonesia serta menciptakan lapangan pekerjaan bagi masyarakat sekitar. Bahan baku utama yang digunakan pada produksi asam akrilat adalah propilen dan udara yang diperoleh dari beberapa perusahaan penghasil propilen yang ada di indonesia.

Pembuatan asam akrilat menggunakan proses oksidasi yang dilakukan pada reaktor multibed multitube dengan katalis Molybdenum Oksida. Untuk memproduksi asam tersebut membutuhkan bahan baku propilen sebanyak 7.846 kg basis produksi untuk bahan baku utama. Produk utama yaitu asam akrilat sebanyak 7.575 kg/jam dan produk samping yaitu akrolein sebanyak 3.295 kg/jam pertahun. Utilitas pendukung proses meliputi penyedia air proses sebanyak 1.188 kg/jam untuk steam reaktor yaitu superheated steam, air pendingin sebanyak 408.409 kg/jam, air pembuat steam alat kecil sebanyak 13.369 kg/jam, penyedia udara tekan sebanyak 2 m<sup>3</sup>/jam, penyedia listrik pada PLN sebanyak 12.167,19 kW. Dari analisa ekonomi terhadap pabrik ini menunjukkan keuntungan sebelum pajak sebesar Rp1,522,062,112,000.00 dan setelah dipotong pajak 25% keuntungan sebesar Rp1,141,546,584,000.00. Persentase Return of Investment (ROI) sebelum pajak sebesar 30% dan sesudah pajak sebesar 22%. Persentase Pay Out Time (POT) sebelum pajak sebesar 2,5 tahun dan sesudah pajak sebesar 3 tahun. Break Event Point (BEP) diperoleh sebesar 43% pertahun, Shut Down Point (SDP) diperoleh sebesar 17,32% dan Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR) diperoleh sebesar 3% pertahun. Dari data analisa kelayakan di atas dapat disimpulkan bahwa pabrik ini menguntungkan dan layak di pertimbangkan untuk pembangunannya di Indonesia.

Kata kunci : Asam akrilat, propilen, Oksidasi, multibed multitube reaktor, Molybdenum Oksida.

## ABSTRACT

Acrylic acid is an intermediate chemical that is widely used in the production of acrylic esters and resins which are then polymerized into paints, coatings, textiles. So, an acrylic acid plant was built from propylene and air with a capacity of 60,000 tons / year with the aim of reducing dependence on consumptive imports from foreign countries, increasing the pace of the Indonesian economy and creating jobs for the surrounding community. The main raw materials used in the production of acrylic acid are propylene and air obtained from several propylene producing companies in Indonesia.

Acrylic acid is produced by an oxidation process in a multi-bed, multi-tubular reactor with a molybdenum oxide catalyst. To produce the acid, propylene raw materials are required as much as 7.846 kg of production base for the main raw material. The main product is acrylic acid at 7,575 kg/hr and the by-product is acrolein at 3.295 kg/hr per year.

Process support utilities include process water providers as much as 1.188 kg/hour for reactor steam, namely superheated steam, cooling water as much as 408.409 kg/hour, small appliance steam maker water as much as 13.369 kg/hour, compressed air providers as much as 2 m<sup>3</sup>/hour, electricity providers at PLN as much as 12,167.19 kW. From the economic analysis of this plant shows a pre-tax profit of Rp1,522,062,112,000.00 and after 25% tax deduction the profit is Rp1,141,546,584,000.00. The Return of Investment (ROI) percentage before tax is 30% and after tax is 22%. Pay Out Time (POT) percentage before tax amounted to 2,5 years and after tax amounted to 3 years. Break Event Point (BEP) is obtained at 43% per year, Shut Down Point (SDP) is obtained at 17,32% and Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR) is obtained at 29% per year. From the feasibility analysis data above, it can be concluded that this plant is profitable and worth considering for its construction in Indonesia.

Keywords : Acrylic acid, propylene, Oxidation, multibed multitube reactor, Molybdenum Oxide.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Asam akrilat merupakan bahan kimia intermediate yang banyak digunakan dalam produksi ester akrilat dan resin yang kemudian dipolimerisasi sehingga menjadi cat, pelapis, tekstil, perekat, polis dan plastik, serta dapat juga digunakan dalam pembuatan vitamin B1.

Permintaan ekspor asam akrilat dunia sangat kompetitif terutama di negara indonesia pada berbagai industri-industri seperti *coating*, pewarnaan pelapis badan kendaraan, bahan baku cat, pernis dan pelapis kertas.

Akan hal itu, untuk mengurangi biaya impor asam akrilat dari luar negeri dan lumayan terpenuhi oleh beberapa perusahaan penghasil asam akrilat seperti PT. Nippon Shokubai, Cilegon. Menghasilkan produk hilirisasi berupa asam akrilat murni untuk bahan baku pelaku industri lainnya umumnya berupa produk cat dan pelapis kertas. Adanya pabrik tersebut diharapkan dapat memajukan perindustrian dalam negeri dan mengurangi konsumsi impor asam akrilat dari luar dengan memaksimalkan lapangan kerja dan mendorong industri-industri lainnya dengan bahan baku asam akrilat.

### 1.2. Penentuan Kapasitas Pabrik

**Tabel 1. 1** Data impor asam akrilat di indonesia

| No | Tahun | Asam Akrilat<br>(ton/tahun) |
|----|-------|-----------------------------|
| 1  | 2019  | 10.098,15                   |
| 2  | 2020  | 47.472,33                   |
| 3  | 2021  | 59.310,11                   |
| 4  | 2022  | 58.348,03                   |
| 5  | 2023  | 91.907,83                   |

(sumber : badan pusat statistik, 2024)

Berdasarkan Tabel 1. 1 Data impor asam akrilat di indonesia menunjukkan data impor asam akrilat di indonesia dari tahun 2019 hingga 2023, berdasarkan data

yang diperoleh dari kebutuhan impor asam akrilat terlihat terjadi peningkatan dari setiap tahun akan tetapi pada tahun 2022 terjadi penurunan yang dikarenakan berbagai faktor dari pengaruh ekonomi dll yang menjadi pertimbangan untuk menentukan kapasitas. Impor dari luar dibutuhkan ketika kebutuhan asam akrilat di indonesia sudah tidak terpenuhi dan tetap memperhatikan pada sisi ekonomi.

**Tabel 1. 2** Data ekspor asam akrilat di indonesia

| No | Tahun | Asam Akrilat<br>(Ton/tahun) |
|----|-------|-----------------------------|
| 1  | 2019  | 30.163,06                   |
| 2  | 2020  | 25.829,10                   |
| 3  | 2021  | 33.128,19                   |
| 4  | 2022  | 31.280,61                   |
| 5  | 2023  | 47.277,36                   |

(sumber : badan pusat statistik, 2024)

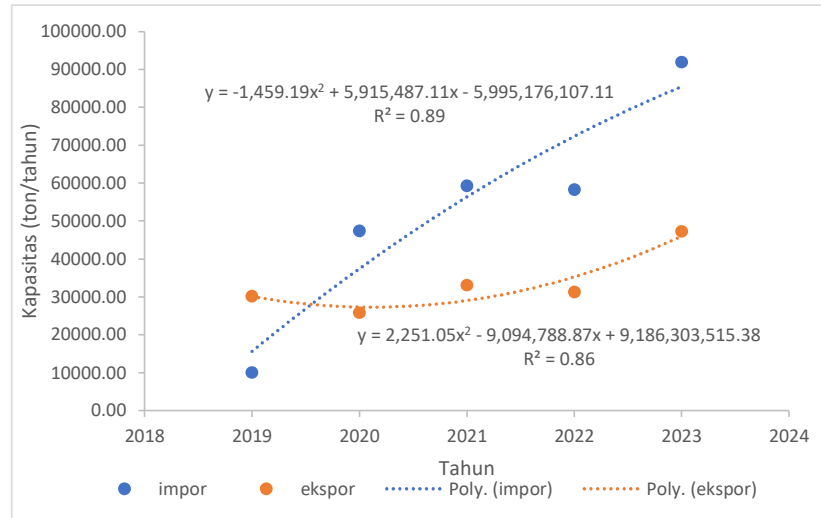
**Tabel 1. 3** Data konsumsi asam akrilat di indonesia

| No | Tahun | Kapasitas<br>(ton/tahun) |
|----|-------|--------------------------|
| 1  | 2023  | 111.000                  |
| 2  | 2024  | 112.454,1                |
| 3  | 2025  | 224.908,2                |
| 4  | 2026  | 337.362,3                |
| 5  | 2027  | 449.816,4                |
| 6  | 2028  | 562.270,5                |
| 7  | 2029  | 674.724,6                |

(Sumber : <https://www.linkedin.com/pulse/indonesian-acrylic-acid-market-reach-111-k-tons-2023-petar-reshovski>)

Berdasarkan pada Tabel 2. 1 Spesifikasi Produk Utama dan Produk Samping menunjukan data ekspor asam akrilat di indonesia terjadi kenaikan dan penurunan permintaan akan kebutuhan bahan baku asam akrilat dunia. Berdasarkan pada Tabel 1. 1 Data impor asam akrilat di indonesia dan Tabel 1. 2 Data ekspor

asam akrilat di indonesia dapat dibuat grafik hubungan antara impor ekspor terhadap tahun



**Gambar 1. 1** Grafik Ekspor dan Impor Asam Akrilat di Indonesia

Berdasarkan pada grafik diatas, dengan dibuat garis persamaan garis lurus, dengan X sebagai fungsi tahun dan Y sebagai fungsi volume (kapasitas) didapatkan persamaan garis lurus :

$$\text{Impor } y = -1.495,19x^2 + 5.915.487,11x - 5.995.176.109,11$$

$$\text{Ekspor } y = 2.251,05x^2 - 9.094.788,87x + 9.186.303.515,38$$

**Tabel 1. 4** Data proyeksi 5 tahun kedepan kebutuhan asam akrilat di indonesia

| No | Tahun | Kebutuhan (ton/tahun) |            |
|----|-------|-----------------------|------------|
|    |       | Impor                 | ekspor     |
| 1  | 2024  | 48.247,3              | 48.247,3   |
| 2  | 2025  | 67.959,88             | 67.959,88  |
| 3  | 2026  | 92.174,56             | 92.174,56  |
| 4  | 2027  | 120.891,34            | 120.891,34 |
| 5  | 2028  | 154.110,22            | 154.110,22 |
| 6  | 2029  | 191.831,2             | 191.831,2  |

Dengan mempertimbangkan kapasitas produksi yang ada di Indonesia dengan melihat proyeksi kebutuhan asam akrilat 5 tahun kedepan, dilihat juga dari konsumsi asam akrilat di Indonesia yang naik sebesar 1,31% dalam periode 2018-2023. Maka kapasitas yang akan digunakan sebesar 60.000 ton/tahun dengan persentase peluang sebesar 10% yaitu peluang pasar yang terbatas karena produksi tidak berasal dari pabrik ini dan banyak pabrik diluar sana yang memproduksi produk yang sama dan status perusahaan baru didirikan.

Angka kapasitas tersebut adalah jumlah sepenuhnya permintaan bahan baku dari Indonesia, apabila ditinjau dari ketersediaan bahan baku dengan jumlah ketersediaan dalam negeri yang berpeluang cukup besar terpenuhinya dari perusahaan yang memproduksi propilen dalam negeri seperti PT. PERTAMINA dan PT. Chandra Asri. Apabila jika mengandalkan bahan baku impor dari luar negeri akan berpotensi membengkaknya biaya bahan baku dikarenakan adanya biaya tambahan seperti biaya pengiriman, pajak masuk dll. Kemungkinan besar potensi mendapatkan laba keuntungan akan menipis mengingat dari beberapa hal tadi yang mempengaruhi biaya bahan baku propilen belum biaya produksi lainnya.

### **1.3. Tinjauan Pustaka**

#### **1.3.1. Asam akrilat**

Asam akrilat (*Acrylic Acid*) berasal dari senyawa organik dengan rumus kimia  $C_3H_4O_2$  dengan nama IUPAC *propeonic acid* atau nama lain *acroleic acid*, *2-propenoic acid*, *vinylformic acid*, *propene acid* dan *ethylenecarboxylic acid*. Asam akrilat berasal dari asam karboksilat yang memiliki sifat asam karboksilat umumnya sehingga dapat larut dengan larutan alkohol, air, eter dan kloroform. Dengan wujud asli berupa cairan yang tidak berwarna dengan memiliki ciri khas bau yang tajam dan nusuk.

Semakin berkembang pesatnya sektor industri di Indonesia, dengan permintaan asam akrilat yang cukup tinggi dan untuk memenuhi kebutuhan bahan baku pada produksi ester akrilik-akrilat metil, alkil akrilat, poliakrilat, komonomer pada poliakrilamida anionik pada industri coating dan SAP (*Super Absorbent Polymer*).

Asam akrilat merupakan bahan kimia industri yang penting karena

merupakan bahan kimia intermediate yang banyak digunakan dalam proses-proses produksi pada industri dan produk konsumen. Penggunaan utama Asam Akrilat diantaranya adalah dengan penggunaan 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.

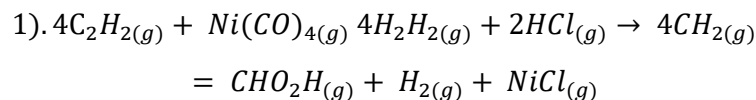
### 1.3.2. Macam-Macam Proses

Proses pembuatan asam akrilat dapat dilakukan dengan berbagai cara yaitu sebagai berikut (Kirk-Othmer, 1989) :

#### a. Acetylene Route

Pembuatan asam akrilat secara komersil dilakukan dengan memisahkan nikel klorida dan mengembalikannya ke reaksi sintesa nikel karbonil. Proses ini menghasilkan produk samping yaitu asam propionat yang sangat sulit dipisahkan dari asam akrilat. Dengan kondisi operasi pada suhu 150°C dan pada tekanan 50 atm dengan konversi mencapai 90%

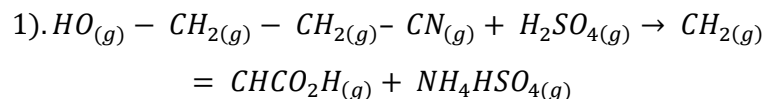
Berikut reaksi :



#### b. Ethylene Cyanohidrin Route

Pembuatan asam akrilat dengan proses hidrolisa antara *ethylene Cyanohidrin* dan asam sulfat dengan produk samping ammonium sulfat dari 85% asam sulfat. Dengan kondisi operasi pada suhu 100°C dan pada tekanan 13 atm dengan konversi mencapai 90%

Berikut reaksi :

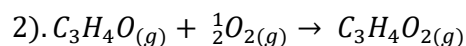
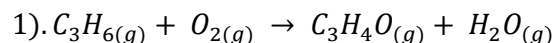


#### c. Propylene Oxidation Route

Pembuatan asam akrilat yang didasarkan pada dua tahap, yaitu pada tahap pertama yaitu menghasilkan akrolein kemudian dioksidasi menjadi asam akrilat. Reaksi ini dibantu oleh katalis iron molybdenum oxide dengan

konversi pertama sebesar 97.30% dan untuk tahap ke dua yaitu konversi sebesar 99% dengan kondisi operasi 300°C dan pada tekanan 3 atm.

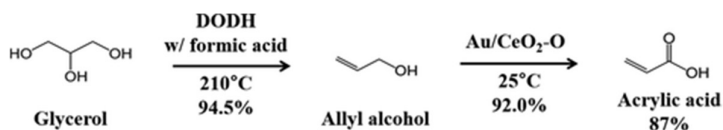
Berikut reaksi :



- d. Gliserol melalui dua langkah menggunakan katalis Au/CeO<sub>2</sub>

Gliserol secara efisien dikonversi menjadi alil alkohol dengan deoksidehidrasi yang dimediasi asam format. kemudian, alil alkohol yang diperoleh dioksidasi tanpa pemurnian menjadi asam akrilat dalam larutan air basa. Katalis Au/CeO<sub>2</sub> digunakan untuk oksidasi selektif, dan bekerja dengan baik bahkan dengan adanya sisa asam format dan pengotor. Hasil yang tinggi sebesar 87% diperoleh untuk produksi asam akrilat dari gliserol: 94,5% dari gliserol menjadi alil alkohol dan 92% dari alil alkohol menjadi asam akrilat. Berbagai bentuk CeO<sub>2</sub> seperti batang, oktahedra dan kubus digunakan sebagai pendukung untuk menyimpan fasa aktif Au. Au yang diendapkan pada CeO<sub>2</sub> oktahedral memberikan hasil tertinggi terhadap asam akrilat dan merupakan yang paling stabil untuk oksidasi berulang. Efek dari waktu reaksi, suhu, tekanan O<sub>2</sub> dan konsentrasi alil alkohol dievaluasi untuk memaksimalkan hasil terhadap asam akrilat.

berikut reaksi :



**Gambar 1. 2** Gliserol melalui dua langkah menggunakan katalis Au/CeO<sub>2</sub>

(Minsu Kim and Hyunjoo Lee, 2017)

### 1.3.3. Ekonomi Potensial

Ekonomi potensial adalah salah satu faktor penentu dalam mendirikan pabrik dengan dilihat dari beberapa faktor ekonomi seperti harga bahan baku, harga produk, harga alat-alat proses dll. Dilihat dari harga bahan baku dan produk, kita bisa melihat dan membandingkan bahwa kita harus mempunyai keuntungan dengan lebih mahalnya harga bahan baku terhadap produk. Potensi ekonomi merupakan

kemampuan ekonomi yang ada di daerah yang mungkin dan layak dikembangkan sehingga akan terus berkembang menjadi sumber penghidupan rakyat setempat bahkan dapat mendorong perekonomian daerah secara keseluruhan untuk berkembang dengan sendirinya dan berkesinambungan.

Didapatkan nilai setiap senyawa dengan masing-masing mol dari perhitungan reaksi pembatas dengan 1000 g produk asam akrilat dengan jumlah 72,6 mol yaitu:

**Tabel 1. 5** Nama senyawa dengan jumlah masing-masing mol

| Nama Senyawa | Jumlah Massa |
|--------------|--------------|
| Asam Akrilat | 1.000        |
| Akrolein     | 3.109,88     |
| Oksigen      | 1.775,80     |
| Air          | 13,88        |
| Propilen     | 2.334,07     |

**Tabel 1. 6** Bahan Baku per Kilogram

| Nama Bahan Baku | Harga/Kg | Jumlah                                         | Nama Produk  | Harga/Kg | Jumlah        |
|-----------------|----------|------------------------------------------------|--------------|----------|---------------|
| Oksigen         | 0        | 0                                              | Asam Akrilat | Rp19.360 | = 1.800.00/kg |
| Propilen        | Rp15.040 | = 777,55/1000<br>= 0,777<br>Tot =<br>11.686/kg |              |          |               |
| Air             | 0        | 0                                              |              |          |               |

Didapatkan hasil konversi harga bahan baku dan produk dari Dollar ke Rupiah dengan nilai tukar saat ini Rp16.000. Oksigen tidak ada harga mutlak dikarenakan menggunakan udara bebas dari alam dan terbilang gratis. Untuk harga akrolein sendiri sangat mahal dan akrolein termasuk produk samping untuk

pembuatan asam akrilat, karena menggunakan bahan baku propilen maka harga propilen sebagai bahan baku. Perbedaan harga produk lebih besar dibanding harga produk maka terbilang sudah mendapatkan keuntungan.

#### 1.3.4. Pemilihan Proses

Mempertimbangkan pemilihan proses harus memperhatikan beberapa faktor diantaranya biaya bahan baku, investasi, biaya operasi, pengelolaan limbah dll.

**Tabel 1. 7** Pemilihan Proses

| Parameter                     | Proses                                | Proses                     | Proses                    | Proses                                                               |
|-------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Pemilihan Proses              | Asetilene Route                       | Ethylene Cyanohidrin Route | Propylene Oxidation Route | Gliserol melalui dua langkah menggunakan katalis Au/CeO <sub>2</sub> |
| Kondisi operasi<br>T :<br>P : | 200 °C<br>138 atm                     | 50-200 °C<br>1 atm         | 280-360 °C<br>1 atm       | 200-250 °C<br>1 atm                                                  |
| Konversi                      | 85%                                   | 30-70%                     | 97,30% dan 99%            | 100%                                                                 |
| Yield                         | 95-98%                                | 60-70%                     | 80-85%                    | 94,5%                                                                |
| Katalis                       | Nikel Bromida dan Copper (II) Bromida | Palladium/Rhenium Chloride | Molibdenum Oxide          | Au/CeO <sub>2</sub>                                                  |

Jika menggunakan bahan asetilena maka harus mempertimbangkan

mengenai pasokan asetilena tersebut, dikarenakan terbilang sedikit dan harga yang cukup mahal sehingga kurang ekonomis untuk digunakan pada pembuatan asam akrilat. Proses menggunakan gliserol melalui dua langkah dengan menggunakan katalis Au/CeO<sub>2</sub> dikarenakan tidak efisiennya harga katalis karena emas termasuk kedalam barang perhiasan/berharga walaupun bisa mencapai konversi yang terbilang sempurna yaitu 100%. Proses yang paling ekonomis adalah menggunakan oksidasi dua fase uap propilen menjadi asam akrilat, prosesnya yaitu propilen menarik karena ketersediaan katalis dan biaya yang relatif rendah dari diantara proses-proses yang sudah di jabarkan diatas. Kelebihan-kelebihan menggunakan proses oksidasi dengan katalis padat adalah konversi yang cukup terbilang tinggi yaitu pada konversi yang pertama sebesar 97,30% dan konversi yang kedua adalah sebesar 99%, pengendalian proses lebih mudah karena komposisi bahan baku yang sederhana yaitu menggunakan proses oksidasi, pemeliharaan dan pengendalian lebih terbilang ekonomis karena menggunakan peralatan yg sederhana dan ketersediaan bahan baku yang melimpah di negara kita yaitu propilen.

#### **1.4. Tinjauan Termodinamika dan Kinetika**

##### **1.4.1. Tinjauan Termodinamika**

Bila ditinjau dari sisi termodinamika, reaksi yang terjadi pada pembentukan asam akrilat adalah termasuk kedalam reaksi searah dan eksotermis (irreversible). Untuk mengetahui reaksi tersebut terbilang endotermis atau eksotermis dan berlangsung dengan keadaan searah atau bolak balik dapat diketahui dengan menghitung nilai entalpi ( $\Delta H$ ) dan harga konstanta kesetimbangan reaksi (K) pada suhu operasi 1 atm 298 K. Berikut ini adalah penjabaran perhitungannya.

Data dari setiap senyawa yang digunakan dalam perhitungan entalpi pada reaksi pembentukan asam akrilat dari propilen dan udara tersaji pada tabel berikut dibawah ini.

**Tabel 1. 8** Data Entalpi pada Setiap Senyawa

| Komponen                                     | A       | B           | C          | $\Delta H_f$ 298<br>(Kj/mol) | MW     |
|----------------------------------------------|---------|-------------|------------|------------------------------|--------|
| N <sub>2</sub>                               | -       | -           | -          | 0                            | 28,013 |
| O <sub>2</sub>                               | -       | -           | -          | 0                            | 31,999 |
| C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>                | 37,334  | -6,5191E-02 | 2,8085E-05 | 20,42                        | -      |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>                | -       | -80,697     | 4,2104E-02 | -103,85                      | -      |
| CO <sub>2</sub>                              | -       | -           | -          | -393,500                     | 44,01  |
| H <sub>2</sub> O                             | -       | -           | -          | -241,80                      | 18,015 |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O              | -66,702 | -5,9478E-02 | 3,8716E-05 | -81,00                       | -      |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> | -325,59 | -4,8960E-02 | 2,0926E-05 | -336,23                      | -      |

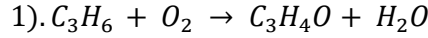
(carl l. yaws, 1999)

**Tabel 1. 9** Data Kapasitas Panas

| Komponen                                     | A       | B           | C           | D           | E           |
|----------------------------------------------|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| N <sub>2</sub>                               | 29,342  | -3,5395E-03 | 1,0076E-05  | -4,3116E-09 | 2,5935E-13  |
| O <sub>2</sub>                               | 29,526  | -8,8999E-03 | 3,8083E-05  | -3,2629E-08 | 8,8607E-12  |
| C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>                | 31,298  | 7,2449E-02  | 1,9481E-04  | -2,1582E-07 | 6,2974E-11  |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>                | 28,277  | 1,1600E-01  | 1,9597E-04  | -2,3271E-07 | 6,8669E-11  |
| CO <sub>2</sub>                              | 27,437  | 4,2315E-02  | -1,9555E-05 | 3,9968E-09  | -2,9872E-13 |
| H <sub>2</sub> O                             | 33,933  | -8,4186E-03 | 2,9906E-05  | -1,7825E-08 | 3,6934E-12  |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O              | 109,243 | -5,0952E-01 | 1,7059E-03  | -1,8068E-06 | 6,5983E-10  |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> | 7,755   | 2,9386E-01  | -2,0878E-04 | 7,1591E-08  | -9,0960E-12 |

(Carl L. Yaws, 1999)

Reaksi overall asam akrilat



$\Delta H_{reaksi}$

$$\begin{aligned} \Delta H_{reaktan} &= \int_{464}^{298} C_p C_3H_6 dT + \int_{464}^{298} C_p O_2 dT \\ &= \int_{464}^{298} (31.298 + 7.2449E - 02T + 1.9481E - 04T^2 \\ &\quad + (-2.1582E - 07T^3 + 6.2974E - 11T^4) dT \\ &\quad + \int_{464}^{298} (29.526 + (-8.8999E - 03T) + 3.8083E \\ &\quad - 05T^2 + (-3.2629E - 08T^3) + 8.8607E \\ &\quad - 12T^4) dT \\ &= (31.298T + \frac{7.2449E - 02T^2}{2} + \frac{1.9481E - 04T^3}{3} \\ &\quad + \frac{-2.1582E - 07T^4}{4} + \frac{6.2974E - 11T^5}{5}) \\ &\quad + 29.526T + \frac{-8.8999E - 03T^2}{2} + \frac{3.8083E - 05T^3}{3} \\ &\quad + \frac{-3.2629E - 08T^4}{4} + \frac{8.8607E - 12T^5}{5}) \\ &= 40.266,19 \text{ J/mol} \end{aligned}$$

$\Delta H_{produk}$

$$\begin{aligned} \Delta H_{produk} &= \int_{464}^{298} C_p C_3H_4O dT + \int_{464}^{298} C_p H_2O dT \\ &= \int_{464}^{298} (109.243 + (-5.0952E - 01T + 1.7059E - 03T^2 + \\ &\quad (-1.8068E - 06T^3 + 6.5983E - 10T^4) dT + \int_{464}^{298} (33.933 + (-8.4186E - \\ &\quad 03T) + 2.9906E - 05T^2 + (-7.7825E - 08T^3) + 3.6934E - 12T^4) dT \\ &= (109.243T + \frac{-5.0952E - 01T^2}{2} + \frac{1.7059E - 03T^3}{3} \\ &\quad + \frac{-1.8068E - 06T^4}{4} + \frac{6.5983E - 10T^5}{5}) \\ &\quad + 33.933T + \frac{-8.4186E - 03T^2}{2} + \frac{2.9906E - 05T^3}{3} \\ &\quad + \frac{-7.7825E - 08T^4}{4} + \frac{3.6934E - 12T^5}{5}) \\ &= 50.208,39 \text{ J/mol} \end{aligned}$$

$\Delta H^0_f$  pada suhu 298K

$$\Delta H^0_f = \Delta H_f \text{ produk} - \Delta H_f \text{ reaktan}$$

$$= ((-81.000) + (-241.800)) - (20.420 + 0)$$

$$= -343.220,00 \text{ kJ/kmol}$$

$\Delta H^0_r$  pada suhu 533 K

$$\Delta H^0_r = \Delta H^0_{f(298)} + (\Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}})$$

$$= -343.220,00 + (41.175,72 + 18.072,05) - (32.992,75 + 15.813,23)$$

$$= -333.277,80 \text{ J/mol}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{reaktan}} &= \int_{464}^{298} C_p C_3H_6 dT + \int_{464}^{298} C_p \frac{3}{2}O_2 dT \\ &= \int_{464}^{298} (31.298 + 7.2449E - 02T + 1.9481E - 04T^2 \\ &\quad + (-2.1582E - 07T^3 + 6.2974E - 11T^4) dT \\ &\quad + \frac{3}{2} \int_{464}^{298} (29.526 + (-8.8999E - 03T) + 3.8083E \\ &\quad - 05T^2 + (-3.2629E - 08T^3) + 8.8607E \\ &\quad - 12T^4) dT \\ &= (31.298T + \frac{7.2449E - 02T^2}{2} + \frac{1.9481E - 04T^3}{3} \\ &\quad + \frac{-2.1582E - 07T^4}{4} + \frac{6.2974E - 11T^5}{5}) \\ &\quad + \frac{3}{2} (29.526T + \frac{-8.8999E - 03T^2}{2} \\ &\quad + \frac{3.8083E - 05T^3}{3} + \frac{-3.2629E - 08T^4}{4} \\ &\quad + \frac{8.8607E - 12T^5}{5}) \end{aligned}$$

$$= 51.620,81 \text{ J/mol}$$

$\Delta H_{\text{produk}}$

$$\Delta H_{\text{produk}} = \int_{464}^{298} C_p C_3H_4O_2 dT + \int_{464}^{298} C_p H_2O dT$$

$$\begin{aligned}
&= (7.755 + 2.9386E - 01T + (-2.0878E - 04 T^2) + \\
&7.1591E - 08T^3 + (-9.0960E - 12T^4 dT) + \int_{464}^{298} (33.933 + (-8.4186E - \\
&03T) + 2.9906E - 05T^2 + (-7.7825E - 08T^3) + 3.6934E - 12T^4) dT \\
&= (7.755T + \frac{(2.9386E - 01)}{2}T^2 + \frac{-2.0878E - 04}{3}T^3 \\
&\quad + \frac{(7.1591E - 08)}{4}T^4 + \frac{-9.0960E - 12}{5}T^5 \\
&\quad + 33.933T + \frac{-8.4186E - 03T^2}{2} + \frac{2.9906E - 05T^3}{3} \\
&\quad + \frac{-7.7825E - 08T^4}{4} + \frac{3.6934E - 12T^5}{5}) \\
&= 44.735,00 \text{ J/mol}
\end{aligned}$$

$\Delta H^0_f$  pada suhu 298K

$$\begin{aligned}
\Delta H^0_f &= \Delta H_f \text{ produk} - \Delta H_f \text{ reaktan} \\
&= ((-33.623) + (-24.180)) - (20.420 + 0) \\
&= -78.225,00 \text{ kJ/kmol}
\end{aligned}$$

$\Delta H^0_r$  pada suhu 533 K

$$\begin{aligned}
\Delta H^0_r &= \Delta H^0_f(298) + (\Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}}) \\
&= -78.225,00 + ((29.085,93 + 15.649,07) - (26.591,44 + 20.512,13)) \\
&= -615.545,81 \text{ J/mol}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&3). C_3H_6 + \frac{9}{2}O_2 \rightarrow 3CO_2 + 3H_2O \\
\Delta H_{\text{reaktan}} &= \int_{464}^{298} C_p C_3H_6 dT + \int_{464}^{298} C_p \frac{9}{2}O_2 dT \\
&= \int_{464}^{298} (31.298 + 7.2449E - 02T + 1.9481E - 04T^2 \\
&\quad + (-2.1582E - 07T^3 + 6.2974E - 11T^4) dT \\
&\quad + \frac{9}{2} \int_{464}^{298} (29.526 + (-8.8999E - 03T) + 3.8083E \\
&\quad - 05T^2 + (-3.2629E - 08T^3) + 8.8607E \\
&\quad - 12T^4) dT
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= (31.298T + \frac{7.2449E - 02T^2}{2} + \frac{1.9481E - 04T^3}{3} \\
&\quad + \frac{-2.1582E - 07T^4}{4} + \frac{6.2974E - 11T^5}{5}) \\
&\quad + \frac{9}{2} 29.526T + \frac{-8.8999E - 03T^2}{2} \\
&\quad + \frac{3.8083E - 05T^3}{3} + \frac{-3.2629E - 08T^4}{4} \\
&\quad + \frac{8.8607E - 12T^5}{5})
\end{aligned}$$

$$= 88.127,84 \text{ J/mol}$$

$\Delta H_{\text{produk}}$

$$\begin{aligned}
\Delta H_{\text{produk}} &= \int_{464}^{298} C_p 3CO_2 dT + \int_{464}^{298} C_p 3H_2O dT \\
&= 3 \int_{464}^{298} (27.473T + 4.2315E - 02T^2 + (-1.9555E - 05T^3) \\
&\quad + 3.9968E - 09T^4 + (-2.9872E - 13T^5) dT) + 3 \int_{464}^{298} (33.933T + (-8.4186E - 03T^2) \\
&\quad + 2.9906E - 05T^3 + (-1.7825E - 08) + 3.6934E - 12T^4)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= (27.473T + \frac{(4.2315E - 02)}{2} T^2 + \frac{-1.9555E - 05}{3} T^3 \\
&\quad + \frac{(3.9968E - 09)}{4} T^4 + \frac{-2.9872E - 13}{5} T^5 \\
&\quad + 33.933T + \frac{-8.4186E - 03T^2}{2} + \frac{2.9906E - 05T^3}{3} \\
&\quad + \frac{-7.7825E - 08T^4}{4} + \frac{3.6934E - 12T^5}{5}) \\
&= 97.005,94 \text{ J/mol}
\end{aligned}$$

$\Delta H^0_f$  pada suhu 298K

$$\Delta H^0_f = \Delta H_f \text{ produk} - \Delta H_f \text{ reaktan}$$

$$= ((-118050) + (-725400)) - (204200 + 0)$$

$$= -199.779,00 \text{ kJ/kmol}$$

$\Delta H^0_r$  pada suhu 533 K

$$\Delta H^0_r = \Delta H^0_{f(298)} + (\Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}})$$

$$= (-199.779,00) + ((50.058,74 + 46.947,20) - (26.591,44 + (61.536,40)))$$

$$= -1.988.911,90 \text{ J/mol}$$

Entalpi reaksi negatif reaksi bersifat eksotermik

Energi Gibbs

**Tabel 1. 10** Data Energi Gibbs

| komponen                                     | A        | B          | C          | $\Delta G^0_{298}$<br>(Kj/mol) | MW<br>(g/mol) |
|----------------------------------------------|----------|------------|------------|--------------------------------|---------------|
| N <sub>2</sub>                               | -        | -          | -          | 0                              | 28,015        |
| O <sub>2</sub>                               | -        | -          | -          | 0                              | 31,999        |
| C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>                | 51,643   | 1,6873E-01 | 2,4956E-05 | 62,72                          | -             |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>                | -105,603 | 2,6475E-01 | 3,2500E-05 | -23,47                         | -             |
| CO <sub>2</sub>                              | -        | -          | -          | -394,400                       | 44,01         |
| H <sub>2</sub> O                             | -        | -          | -          | -228,60                        | 18,015        |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O              | -82,981  | 8,6786E-02 | 1,0501E-05 | -55,98                         | -             |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> | -337,172 | 1,6672E-01 | 1,5209E-05 | -286,06                        | -             |

(Carl L. Yaws, 1999)

$$\Delta G^0_f = \Delta G^0_f \text{ produk} - \Delta G^0_f \text{ reaktan}$$

$$\Delta G^0_f = [\Delta G^0_f \text{ C}_3\text{H}_6 + \text{O}_2 \rightarrow \Delta G^0_f \text{ C}_3\text{H}_4\text{O} + \text{H}_2\text{O}] \quad \dots \text{reaksi 1}$$

$$= ((-55980) + (-228600)) - (62720 + 0)$$

$$= -347.300 \text{ kJ/kmol}$$

$$\Delta G^0_f = [\Delta G^0_f \text{ C}_3\text{H}_6 + (\frac{3}{2} \text{O}_2) \rightarrow \Delta G^0_f \text{ C}_3\text{H}_4\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}] \quad \dots \text{reaksi 2}$$

$$= (-286060 + (-228.600)) - (62720 + \frac{3}{2} 0)$$

$$= -577.380 \text{ kJ/kmol}$$

$$\Delta G^0_f = [\Delta G^0_f \text{ C}_3\text{H}_6 + (\frac{9}{2} \text{O}_2) \rightarrow \Delta G^0_f 3\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}] \quad \dots \text{reaksi 3}$$

$$= (3 * (-394.400) + 3 * (-228.600)) - (62720 + \frac{9}{2} (0))$$

$$= -102.920 \text{ kJ/kmol}$$

Reaksi overall dari persamaan energi Gibbs yang didapat merupakan reaksi spontan

### 1.4.2. Tinjauan Kinetika

Nilai konstanta kinetika dapat dievaluasi dengan menggunakan persamaan Arrhenius sebagai berikut :

$$-r_i = k_{o,i} \exp \left[ \frac{-E_i}{RT} \right] P_{\text{propilen}} P_{\text{oksigen}}$$

Dimana :

$-r_i$  = reaksi

$k_{o,i}$  = konstanta laju reaksi

$-E_i$  = energi aktivasi (kcal/kmol)

$R$  = konstanta gas universal (8,314 J/K.mol)

$T$  = suhu operasi (K)

Menurut jurnal Turton, R., dinyatakan bahwa kinetika reaksi pada orde 2 yaitu ditinjau pada  $-r_A = K C_A C_B$ ,  $-r_A = K_P P_A P_B$  yaitu komponen nya terdiri dari Propilen dan Oksigen sebagai penyusun reaksi.

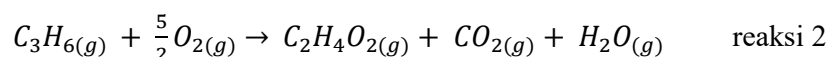
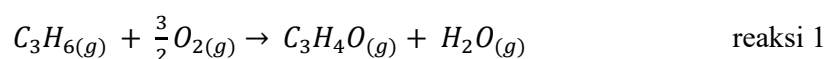
Tekanan parsial dalam kPa dan energi aktivasi dan istilah pra-eksponensial untuk reaksi 1-3 diberikan di bawah ini:

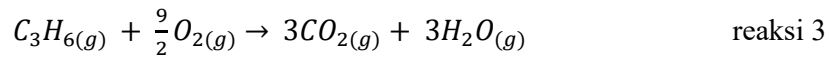
**Tabel 1. 11** Kinetika Reaksi

| i | $E_i$ (Kcal/kmol) | $K_{o,i}$ (kmol/m <sup>3</sup> reaktor/h/(kPa) <sup>2</sup> ) |
|---|-------------------|---------------------------------------------------------------|
| 1 | 15000             | $1.59 \times 10^5$                                            |
| 2 | 20000             | $8.83 \times 10^5$                                            |
| 3 | 25000             | $1.81 \times 10^8$                                            |

Kinetika yang disajikan di atas bereaksi pada kisaran suhu 250 - 330°C. Di atas 330°C, katalis mulai menjadi berkerak (endapan karbon di permukaan katalis yang menyebabkannya katalis tidak aktif), dan di bawah 250°C, laju reaksi turun dengan cepat. Karena efek ini, katalis tidak boleh dioperasikan di luar batas suhu ideal operasi yang digunakan.

Dengan kinetika reaksi sebagai berikut :





(richard turton, 1998)

Persamaan laju reaksi mengikuti dari persamaan Turton., Richard 1998 :

$$-r_i = K_i * P_a * P_b$$

$$i = \text{reaksi } 1 - 3$$

$$-r_a = K_i * P_a * P_b$$

$$1). -r_a = K P_{C_3H_6} + P_{O_2} \rightarrow P_{C_3H_4O} + P_{H_2O}$$

$$2). -r_a = K P_{C_3H_6} + P_{\frac{3}{2}O_2} \rightarrow P_{C_3H_4O_2} + P_{H_2O}$$

$$3). -r_a = K P_{C_3H_6} + P_{\frac{9}{2}O_2} \rightarrow P_{3CO_2} + P_{H_2O}$$

$$K_i = \text{konstanta laju reaksi}$$

$$K_1 = 1.59 \times 10^5 e^{\left(\frac{-15000}{RT}\right)} = \frac{\frac{Kmol}{m^3 \text{reaktor}}}{h} / (Kpa)^2$$

$$K_2 = 8.83 \times 10^5 e^{\left(\frac{-2000}{RT}\right)} = \frac{\frac{Kmol}{m^3 \text{reaktor}}}{h} / (Kpa)^2$$

$$K_3 = 1.81 \times 10^8 e^{\left(\frac{-25000}{RT}\right)} = \frac{\frac{Kmol}{m^3 \text{reaktor}}}{h} / (Kpa)^2$$

Menentukan berat katalis untuk konversi yang diinginkan

$$W_{cat} = V_{reaktor} * \rho_{cat}$$

Untuk konversi 0,88 diperoleh tinggi total sebesar 6,1 meter

Untuk porositas katalis,  $\varepsilon = 0,45$

$$\rho_{bulk} = 2100 \text{ kg/m}^3 / (1 - \varepsilon)$$

$$\rho_{bulk \text{ true density}} = 3.818,18 \text{ kg/m}^3$$

Volume reaktor = luas penampang pipa \* tinggi

$$V = \pi \frac{id^2}{4} * Z * n_{pipa}$$

Volume reaktor = 1,2 over design

$$V = \pi \frac{id^2}{4} * Z * npipa$$

$$V = \pi \frac{0,052^2}{4} * 6,1 * 18600$$

$$V = 247,84 \, m^3$$

$$V \, over \, design = 1,2 * 247,84 \, m^3$$

$$V \, over \, design = 297,41 \, m^3$$

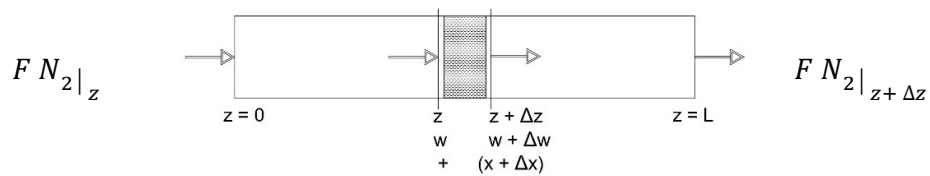
$$W_{cat} = 297,41 \, m^3 * 3.818,18 \, \frac{Kg}{m^3}$$

$$W_{ca} = 1.135.578,39 \, kg$$

## Pemodelan Matematis reaktor dalam Setiap Reaksi

### Komponen

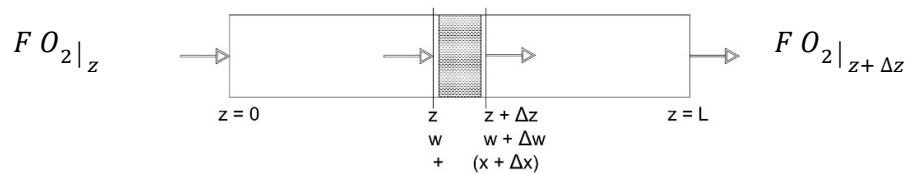
- a)  $N_2$
- b)  $O_2$
- c)  $CO_2$
- d)  $C_3H_6$
- e)  $C_3H_8$
- f)  $H_2O$
- g)  $C_3H_4O$
- h)  $C_3H_4O_2$



$$F N_2|_z - F N_2|_{z+\Delta z} = 0$$

$$\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{F N_2|_z - F N_2|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = 0$$

$$\frac{d N_2}{dz} = 0$$



$$F O_2|_z - F O_2|_{z+\Delta z} - r_1 \Delta v - r_2 \Delta v - r_3 \Delta v - r_4 \Delta v = 0$$

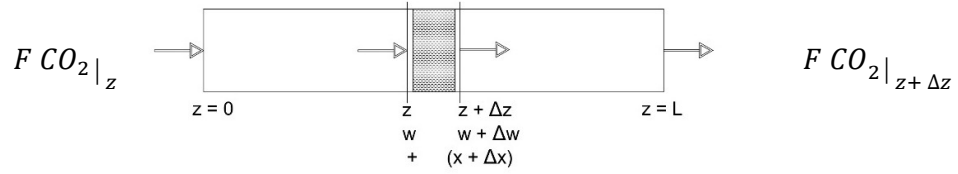
$$F O_2|_z - F O_2|_{z+\Delta z} = r_1 \pi \frac{id^2}{4} \Delta z - r_2 \pi \frac{id^2}{4} \Delta z - r_3 \pi \frac{id^2}{4} \Delta z - r_4 \pi \frac{id^2}{4} \Delta z$$

$$\frac{F O_2|_z - F O_2|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = r_1 \pi \frac{id^2}{4} - r_2 \pi \frac{id^2}{4} - r_3 \pi \frac{id^2}{4} - r_4 \pi \frac{id^2}{4}$$

$$\lim_{\Delta Z \rightarrow 0} \frac{F O_2|_z - F O_2|_{z+\Delta Z}}{\Delta Z} = (r_1 + r_2 + r_3 + r_4) \pi \frac{id^2}{4}$$

$$\frac{-d O_2}{dz} = (r_1 + r_2 + r_3 + r_4) \pi \frac{id^2}{4}$$

$$\frac{d O_2}{dz} = -(r_1 + r_2 + r_3 + r_4) \pi \frac{id^2}{4}$$



$$F CO_2|_z - F CO_2|_{z+\Delta z} - r_1 \Delta v - r_2 \Delta v = 0$$

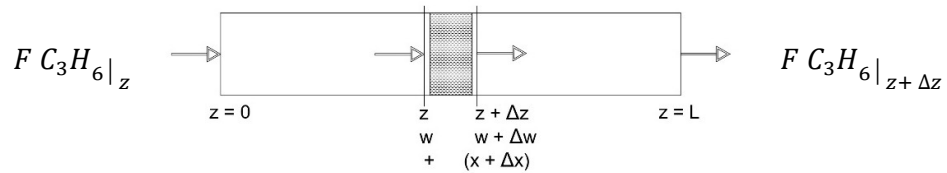
$$F CO_2|_z - F CO_2|_{z+\Delta z} = r_1 \pi \frac{id^2}{4} \Delta z - r_2 \pi \frac{id^2}{4} \Delta z$$

$$\frac{F CO_2|_z - F CO_2|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = r_1 \pi \frac{id^2}{4} - r_2 \pi \frac{id^2}{4}$$

$$\lim_{\Delta Z \rightarrow 0} \frac{F CO_2|_z - F CO_2|_{z+\Delta Z}}{\Delta Z} = (r_1 + r_2) \pi \frac{id^2}{4}$$

$$\frac{-d CO_2}{dz} = (r_1 + r_2) \pi \frac{id^2}{4}$$

$$\frac{d CO_2}{dz} = -(r_1 + r_2) \pi \frac{id^2}{4}$$



$$F C_3H_6|_z - F C_3H_6|_{z+\Delta z} - r_1 \Delta v - r_2 \Delta v - r_3 \Delta v = 0$$

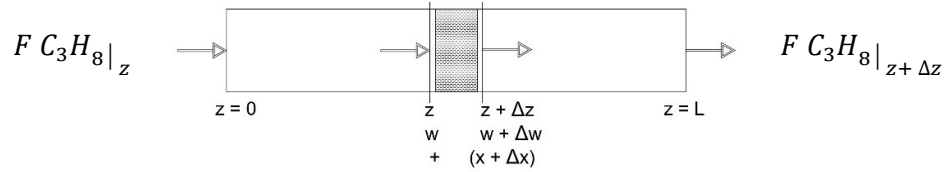
$$F C_3H_6|_z - F C_3H_6|_{z+\Delta z} = r_1 \pi \frac{id^2}{4} \Delta z - r_2 \pi \frac{id^2}{4} \Delta z - r_3 \pi \frac{id^2}{4} \Delta z$$

$$\frac{F C_3H_6|_z - F C_3H_6|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = r_1 \pi \frac{id^2}{4} - r_2 \pi \frac{id^2}{4} - r_3 \pi \frac{id^2}{4}$$

$$\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{F C_3 H_6|_z - F C_3 H_6|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = (r_1 + r_2 + r_3) \pi \frac{id^2}{4}$$

$$\frac{-d C_3 H_6}{dz} = (r_1 + r_2 + r_3) \pi \frac{id^2}{4}$$

$$\frac{d C_3 H_6}{dz} = -(r_1 + r_2 + r_3) \pi \frac{id^2}{4}$$



$$F C_3 H_8|_z - F C_3 H_8|_{z+\Delta z} - r_1 \Delta v - r_2 \Delta v = 0$$

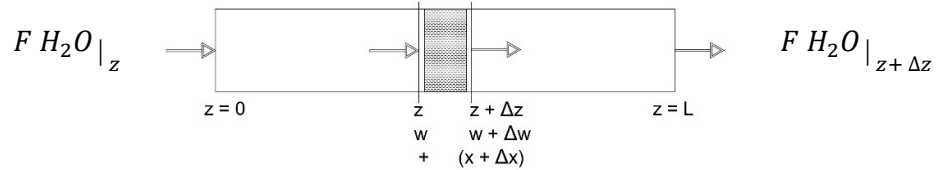
$$F C_3 H_8|_z - F C_3 H_8|_{z+\Delta z} = r_1 \pi \frac{id^2}{4} \Delta z - r_2 \pi \frac{id^2}{4} \Delta z$$

$$\frac{F C_3 H_8|_z - F C_3 H_8|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = r_1 \pi \frac{id^2}{4} - r_2 \pi \frac{id^2}{4}$$

$$\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{F C_3 H_8|_z - F C_3 H_8|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = (r_1 + r_2) \pi \frac{id^2}{4}$$

$$\frac{-d C_3 H_8}{dz} = (r_1 + r_2) \pi \frac{id^2}{4}$$

$$\frac{d C_3 H_8}{dz} = -(r_1 + r_2) \pi \frac{id^2}{4}$$



$$F H_2 O|_z - F H_2 O|_{z+\Delta z} - r_1 \Delta v - r_2 \Delta v - r_3 \Delta v - r_4 \Delta v = 0$$

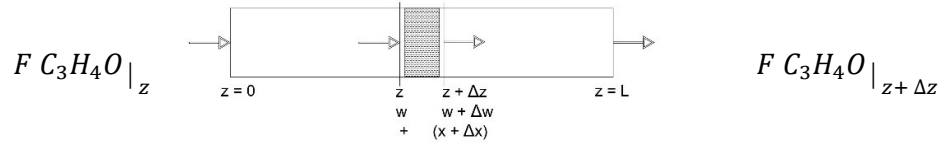
$$F H_2 O|_z - F H_2 O|_{z+\Delta z} = r_1 \pi \frac{id^2}{4} \Delta z - r_2 \pi \frac{id^2}{4} \Delta z - r_3 \pi \frac{id^2}{4} \Delta z - r_4 \pi \frac{id^2}{4} \Delta z$$

$$\frac{F H_2 O|_z - F H_2 O|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = r_1 \pi \frac{id^2}{4} - r_2 \pi \frac{id^2}{4} - r_3 \pi \frac{id^2}{4} - r_4 \pi \frac{id^2}{4}$$

$$\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{F H_2 O|_z - F H_2 O|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = (r_1 + r_2 + r_3 + r_4) \pi \frac{id^2}{4}$$

$$\frac{-d H_2 O}{dz} = (r_1 + r_2 + r_3 + r_4) \pi \frac{id^2}{4}$$

$$\frac{d H_2 O}{dz} = -(r_1 + r_2 + r_3 + r_4) \pi \frac{id^2}{4}$$



$$F C_3 H_4 O|_z - F C_3 H_4 O|_{z+\Delta z} - r_1 \Delta v - r_2 \Delta v = 0$$

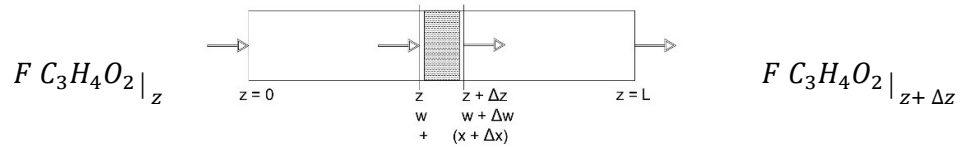
$$F C_3 H_4 O|_z - F C_3 H_4 O|_{z+\Delta z} = r_1 \pi \frac{id^2}{4} \Delta z - r_2 \pi \frac{id^2}{4} \Delta z$$

$$\frac{F C_3 H_4 O|_z - F C_3 H_4 O|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = r_1 \pi \frac{id^2}{4} - r_2 \pi \frac{id^2}{4}$$

$$\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{F C_3 H_4 O|_z - F C_3 H_4 O|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = (r_1 + r_2) \pi \frac{id^2}{4}$$

$$\frac{-d C_3 H_4 O}{dz} = (r_1 + r_2) \pi \frac{id^2}{4}$$

$$\frac{d C_3 H_4 O}{dz} = -(r_1 + r_2) \pi \frac{id^2}{4}$$



$$F C_3 H_4 O_2|_z - F C_3 H_4 O_2|_{z+\Delta z} - r_1 \Delta v - r_2 \Delta v = 0$$

$$F C_3 H_4 O_2|_z - F C_3 H_4 O_2|_{z+\Delta z} = r_1 \pi \frac{id^2}{4} \Delta z - r_2 \pi \frac{id^2}{4} \Delta z$$

$$\frac{F C_3H_4O_2|_z - F C_3H_4O_2|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = r_1\pi \frac{id^2}{4} - r_2\pi \frac{id^2}{4}$$

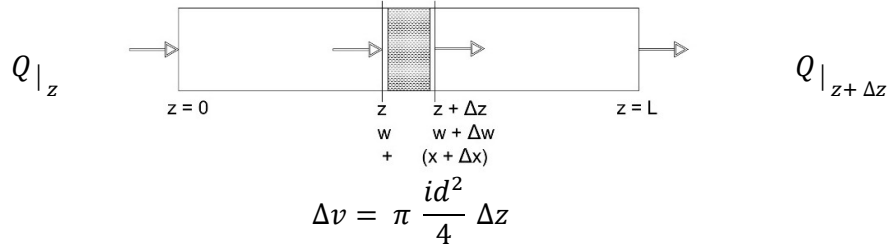
$$\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{F C_3H_4O_2|_z - F C_3H_4O_2|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = (r_1 + r_2)\pi \frac{id^2}{4}$$

$$\frac{-d C_3H_4O_2}{dz} = (r_1 + r_2)\pi \frac{id^2}{4}$$

$$\frac{d C_3H_4O_2}{dz} = -(r_1 + r_2)\pi \frac{id^2}{4}$$

Neraca Panas

Panas masuk – panas keluar + panas timbul karena adanya reaksi dalam sistem – panas yang diserap pendingin = akumulasi



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

$$Q|_z - Q|_{z+\Delta z} + (-r_c\Delta Hr_c - r_d\Delta Hr_d - r_f\Delta Hr_f) * \Delta V - U_d * a_0 * \Delta Z * (T_g - T_p) = 0$$

$$\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{Q|_z - Q|_{z+\Delta z}}{\Delta z}$$

$$= (-r_c\Delta Hr_c - r_d\Delta Hr_d - r_f\Delta Hr_f) * \pi \frac{id^2}{4} \Delta z - U_d * a_0 * \Delta Z * (T_g - T_p) = 0$$

$$* (T_g - T_p) = 0$$

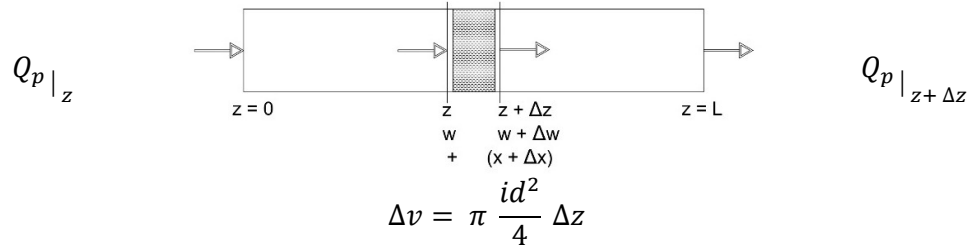
$$\frac{dQ_g}{dz} = (-r_c\Delta Hr_c - r_d\Delta Hr_d - r_f\Delta Hr_f) * \pi \frac{id^2}{4} - U_d * a_0 * \Delta Z * (T_g - T_p) = 0$$

$$\frac{dQ_g}{dz} = \sum \left( F_i * Cp_i \frac{dT}{dz} + (T_g - T_{reff}) \frac{d \sum F_i * Cp_i}{dz} \right)$$

$$\frac{dT}{dz} = \frac{(-r_c\Delta Hr_c - r_d\Delta Hr_d - r_f\Delta Hr_f) * \pi \frac{id^2}{4} - U_d * a_0 * \Delta Z * (T_g - T_p)}{\sum F_i Cp_i}$$

## Neraca Pendingin

Kecepatan panas masuk – kecepatan panas keluar + perpindahan keluar dalam sistem = akumulasi (dalam keadaan steady state) = 0



$$Q_p|_z - Q_p|_{z+\Delta z} + U_d \pi O_d npipa (T_g - T_p) \Delta z = 0$$

$$\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{Q_p|_z - Q_p|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = -U_d \pi O_d npipa (T_g - T_p)$$

$$-\frac{dQ_p}{dz} = -U_d \pi O_d npipa (T_g - T_p)$$

$$Q_p = F_{mass} C_{pp} (T_p - T_{reff})$$

$$\frac{dF_{mass} C_{pp} (T_p - T_{reff})}{dz} = -U_d \pi O_d npipa (T_g - T_p)$$

$$\frac{dT_p}{dz} = \frac{U_d \pi O_d npipa (T_g - T_p)}{mass C_{pp}}$$

$$\frac{dP_t}{dz} = \left[ 150 \left( \frac{1 - \varepsilon}{R_e p} \right) + 4.2 \left( \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon^3} \right) \frac{G p^2}{\rho D_p} \right]$$

→ Bird, R, B, Transport Phenomena hal 191

$$\frac{dx_1}{dz} = -r_1 \frac{\left( \pi \frac{id^2}{4} \right)}{F_{a0}} \dots \dots \dots 1$$

$$\frac{dx_2}{dz} = -r_2 \frac{\left( \pi \frac{id^2}{4} \right)}{F_{a0}} \dots \dots \dots 2$$

$$\frac{dx_3}{dz} = -r_3 \frac{\left( \pi \frac{id^2}{4} \right)}{F_{a0}} \dots \dots \dots 3$$

$$dT_g = \frac{(r_1 \Delta H r_1 + r_2 \Delta H r_2 + r_3 \Delta H r_3) \pi \frac{id^2}{4} - \pi O_d npipa (T_g - T_p)}{\sum F_i * C_{pg_i}}$$

$$\frac{dT_p}{dz} = \frac{U_d \pi O_d n p i p a (T_g - T_p)}{F_{\text{mass}} C_{pp}}$$

## BAB II

### PERANCANGAN PRODUK

#### 2.1. Spesifikasi Produk

**Tabel 2. 1** Spesifikasi Produk Utama dan Produk Samping

| Spesifikasi Produk          |                      |                |
|-----------------------------|----------------------|----------------|
| Spesifikasi                 | Produk Utama         | Produk Samping |
|                             | Asam Akrilat (99,9%) | Akrolein (99%) |
| Wujud                       | Liquid               | Liquid         |
| Rumus Molekul               | $C_3H_4O_2$          | $C_3H_4O$      |
| Berat Molekul<br>(g/mol)    | 72,06                | 56,06          |
| Titik Didih, °C             | 141                  | 52,6           |
| Titik Leleh, °C             | 13                   | -87,7          |
| Densitas, g/cm <sup>3</sup> | 1.051                | 0,84           |
| Specific Gravity            | 1,11                 | 1,94           |
| Kelarutan, g/L              | 1.000                | 208            |
| Suhu Kritis, °C             | 341,85               | 233            |
| Tekanan Kritis,<br>atm      | 56                   | 50,03          |
| Impurities                  | Air Maks. 0,01% Mol  | Water maks. 1% |
| pH                          | 4                    | 6              |

(airgas an air liquide company, 2024)

## 2.2. Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

**Tabel 2. 2** Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

| Spesifikasi Bahan Baku      |                               |                                    |                |
|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------------|----------------|
| Spesifikasi                 | Bahan                         |                                    |                |
|                             | Propilen                      | Oksigen                            | Nitrogen       |
| Specific Gravity            | 0,516                         | 1,151                              | 0,807          |
| Wujud                       | Gas                           | Gas                                | Gas            |
| Rumus Molekul               | C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> | O <sub>2</sub>                     | N <sub>2</sub> |
| Berat Molekul<br>(g/mol)    | 42,09                         | 32                                 | 28,02          |
| Titik Didih, °C             | -48                           | -183                               | -196           |
| Titik Leleh, °C             | -185                          | -218,4                             | -210,01        |
| Wujud                       | Gas                           | Gas                                | Gas            |
| Rumus Molekul               | C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> | O <sub>2</sub>                     | N <sub>2</sub> |
| Kelarutan, g/L              | 0.2                           | 38                                 | 18,1           |
| Suhu Kritis, °C             | 91,85                         | -118,15                            | -146,95        |
| Tekanan Kritis,<br>atm      | 45,4                          | 49,8                               | 33,54          |
| pH                          | 3-6                           | -                                  | -              |
| Densitas, g/cm <sup>3</sup> | 0,612                         | 0,612                              | 1,0265         |
| Kemurnian                   | 99,354%                       | 78,09                              | 21,94          |
| Impurities                  | Propana Maks.<br>0,646 Mol    | 0,032 CO <sub>2</sub> , Ar, He dll |                |

(Airgas an Air Liquide Company, 2024)

### **2.3. Pengendalian Kualitas**

Pengendalian kualitas atau disebut juga pengendalian mutu adalah kegiatan terpadu dimulai dari pengendalian standar mutu bahan, standar proses pengolahan bahan, barang setengah jadi hingga pengiriman akhir barang ke konsumen dengan harapan sesuai dengan keinginan dan spesifikasi mutu yang direncanakan. Pengendalian kualitas (*Quality Control*) pada pabrik Asam Akrilat ini meliputi pengendalian kualitas bahan baku dan produk hingga pengendalian kualitas proses.

Dari Quality Control tersebut telah dibagi kembali ke beberapa jenis pengujian atau metode tertentu yaitu:

- a. Inspeksi, yaitu dimana ditunjukkan untuk melakukan pengecekan secara langsung terhadap produk yang sedang atau sudah diproses sehingga sesuai dengan standar dengan spesifikasi yang telah ditetapkan.
- b. Statistical Sampling, yaitu bagaimana kemudian pengendalian mutu ini memastikan produk yang dihasilkan baik tanpa harus memeriksa 100% produk yang dihasilkan, dengan metode sampling statistik yang tepat sehingga bisa mewakili seluruh produk yang dihasilkan.
- c. Analisis, yaitu dilakukan pada bagian tempat uji seperti uji laboratorium untuk menguji bahan baku/produk tertentu seperti analisa fisik/parameter uji untuk mengetahui sampai mana produk tersebut lolos uji dan sesuai spesifikasi yang telah ditetapkan.
- d. Traceability, yaitu memastikan untuk melakukan penelusuran baik secara internal maupun internal terhadap produk yang dihasilkan. Dengan mengetahui menelusuri darimana sumber masalah dan bisa melakukan tindakan tindakan penarikan produk yang sudah terdistribusi dan beredar dipasaran. Dengan implementasi menjamin dan mempertanggungjawabkan jika ada masalah produk dan dapat menarik kembali produk tersebut dari pasaran.

#### **2.3.1. Pengendalian Kualitas Bahan Baku dan Produk**

Pengendalian kualitas dari bahan baku dilakukan untuk mengetahui sejauh mana kualitas bahan baku yang digunakan, apakah sudah sesuai kriteria dengan spesifikasi yang ditentukan untuk proses. Dimulai dari rencana pembelian bahan

baku, penerimaan bahan baku di gudang, penyimpanan bahan baku di gudang sampai dengan saat bahan baku tersebut yang akan digunakan. Mutu bahan baku sangat mempengaruhi hasil akhir dari produk yang dibuat. Bahan baku dengan mutu yang baik akan menghasilkan produk baik dan sebaliknya jika mutu bahan baku buruk akan menghasilkan produk buruk. Oleh karena itu, sebelum dilakukan proses produksi dilakukan pengujian terhadap kualitas bahan baku dengan tujuan agar bahan yang digunakan dapat diproses dengan baik di dalam pabrik.

Sedangkan untuk memperoleh mutu produk standar diperlukan bahan yang berkualitas, pengawasan serta pengendalian terhadap proses yang ada dengan cara system control sehingga didapatkan produk yang berkualitas dan dapat dipasarkan. Untuk mengetahui produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang ada, maka dibutuhkan pengujian pada kualitas bahan baku maupun produk. Pengujian yang dilakukan meliputi uji densitas, viskositas, volatilitas, kemurnian produk dan komposisi komponen pada produk tersebut. Pada setiap bahan baku dan produk adanya hazard pada masing-masing bahan dan produk.

Adapun parameter-parameter yang digunakan pada setiap pabrik yang menjadi kunci keberhasilan pada bahan baku maupun produk yaitu :

- a. Incoming Inspection, yaitu pemeriksaan ketika produk diterima dari pemasok bahan baku maupun dari proses transformasi sebelumnya.
- b. Inprocess Inspection, yaitu pemeriksaaan produk diolah menjadi produk dengan nilai tambah bagi konsumen
- c. Final Inspection, yaitu pemeriksaaan ketika produk sudah jadi.
- d. Re-work & re-use, yaitu pemeriksaan ketika produk yang tidak berkualitas diolah kembali.
- e. Downgrade, yaitu pemeriksaan ketika proses transformasi menjadi produk yang tidak berkualitas tetapi tingkat kerusakannya masih bisa di toleran sehingga produk masih bisa dijual ke tingkat target konsumen yang lain.
- f. Recycle, yaitu mengirimkan produk kembali ke produsen untuk dilakukannya tahap daur ulang kembali.

Pengendalian utama yang menjadi uji bahan baku dan produk adalah

kemurnian dari propilen dan asam akrilat tersebut diuji dengan metode GCMS (*Gas Chromatography Mass Spectrometry*) dengan alat GC (*Gas Chromatography*) dengan prinsip kerja cairan diinjeksikan kedalam injektor kemudian diuapkan, sampel yang berbentuk uap dibawa oleh gas pembawa menuju kolom untuk proses pemisahan, setelah terpisah masing-masing komponen akan melalui ruang pengion dan dibombardir oleh elektron sehingga terjadi ionisasi. Adapun yang biasa dilakukan pengujian yaitu dengan metode HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*) yaitu teknik analisis kimia yang digunakan untuk memisahkan, mengidentifikasi dan mengukur kandungan komponen dalam campuran larutan dengan tekanan tinggi dengan berdasarkan perbedaan afinitasnya terhadap zat padat tertentu. Setelah diuji oleh pihak lab maka akan keluar hasil yang menentukan kadar kemurnian dari bahan baku yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan untuk dilanjutkan kedalam proses dan produk untuk dipasarkan dengan spesifikasi yang telah ditentukan untuk menjaga kualitas produk tetap baik dan sedikit impurities didalamnya.

### **2.3.2. Pengendalian Kualitas Proses Produksi**

Pengendalian kualitas proses merupakan suatu pengendalian yang memiliki tujuan untuk mempertahankan proses produksi agar menghasilkan produk yang memenuhi standar yang telah ditentukan dan memiliki kualitas yang sesuai standar. Apabila terjadi error atau ketidaksesuaian pada saat proses produksi berlangsung, maka terdapat tanda atau sinyal yang akan mengingatkan seperti alarm dan lain sebagainya.

Beberapa faktor yang dapat menyebabkan ketidaksesuaian pada saat proses produksi yaitu kerusakan pada alat produksi, kebersihan alat produksi, kesalahan pada operasi, dan lain sebagainya.

Suatu proses dapat melibatkan banyak variabel dinamik dan mungkin diinginkan untuk mengendalikan semuanya. Tujuan perancangan sistem pengendalian dari pabrik pembuatan asam akrilat adalah demi keamanan operasi pabrik yang mencakup:

- a. Mempertahankan variabel-variabel proses seperti suhu dan tekanan tetap

- berada dalam rentang operasi yang aman dengan nilai toleransi yang kecil.
- b. Mendeteksi situasi berbahaya kemungkinan terjadinya kebocoran alat, karena ada beberapa zat yang digunakan pada pabrik pembuatan asam akrilat ini berbahaya terutama bagi manusia terkhususnya bagi para pekerja. Pendeteksian dilakukan dengan menyediakan alarm dan sistem penghentian operasi secara otomatis (*automatic shut down systems*).
  - c. Mengontrol setiap penyimpangan operasi agar tidak terjadi kecelakaan kerja maupun kerusakan sebagian maupun total pada alat proses.

Pabrik asam akrilat dari propilen ini memiliki hazard baik dari bahan peralatan dan proses, maupun dari layout pabrik. Proses reaksi kimia pada pabrik ini berada pada fase uap dengan suhu 320°C dan tekanan sekitar 11.3 atm. Reaksi oksidasi akrolein menjadi asam akrilat bersifat eksotermis sehingga diperlukan pendingin untuk menjaga kenaikan suhu agar tidak besar karena akan mempengaruhi konversinya. Jumlah udara masuk reaktor pun perlu dibatasi dengan memasang *ratio controller* agar konsentrasi akrolein dalam reaktor sehingga kebakaran dapat dicegah karena sifatnya yang mudah terbakar, selain itu juga untuk menghindari reaksi samping. Karena beroperasi pada suhu tinggi dan terdapat bahan kimia yang mudah terbakar, maka reaktor ini dapat dikategorikan sebagai alat dengan tingkat hazard yang cukup tinggi. Oleh karena itu pada reaktor ini dibutuhkan alat-alat kontrol untuk menghindari hazard dari proses yang terjadi di reaktor.

Pengendalian proses produksi dapat berfungsi sebagai system control yang terdiri dari alat-alat. Adapun beberapa alat pengendalian kualitas proses produksi yang dapat dilakukan diterapkan serta di aplikasikan pada kondisi tertentu diantaranya sebagai berikut :

- a. *Controller* yaitu suatu komponen yang dapat mengolah data input dan referensi yang diinginkan untuk diubah menjadi output sinyal control. Seperti *pressure control*, *temperature indicator control* dan *flow control*.
- b. *Aktuator* yaitu suatu komponen yang dapat mengolah input sinyal control menjadi output sinyal aksi yang akan disalurkan ke suatu *plant*. Adapun

alat yang digunakan yaitu *manual hand valve* dan *automatic control valve*.

- c. Sensor yaitu suatu komponen yang dapat mendeteksi informasi keluaran atau informasi lain yang dibutuhkan dalam system control. Adapun alat yang digunakan yaitu *manometer* digunakan untuk sensor aliran fluida, tekanan dan level serta *thermocouple* digunakan untuk sensor suhu.
- d. Isolator atau insulasi adalah bahan yang tahan terhadap perubahan suhu dan mampu menahan suhu pada keadaan yang diinginkan. Reaktor bekerja pada suhu tinggi sehingga dinding luar reaktor dilengkapi dengan isolator atau insulasi untuk melindungi pekerja atau operator dari bahaya panas maupun luka bakar dan berfungsi untuk menahan suhu pada kondisi yang stabil atau kondisi suhu yang dikontrol.

Untuk alternatif instrumen pada pengendalian kualitas pada pabrik yaitu bertujuan untuk meningkatkan dan melatih semua orang yang terlibat dalam organisasi agar dapat menggunakan dan mengasai alat-alat yang digunakan dalam pengendalian kualitas. Alat-alat nya yaitu sebagai berikut :

- a. Check Sheet, yaitu merupakan alat yang digunakan untuk mencatat dan mengklasifikasikan data yang telah diamati. Alat ini berupa lembar pencatatan data secara mudah dan sederhana sehingga mempermudah orang dan menghindari kesalahan yang mungkin terjadi dalam pengumpulan data.
- b. Diagram Stratifikasi, yaitu diagram yang menguraikan/mengklasifikasikan persoalan menjadi kelompok/golongan yang lebih kecil atau menjadi unsur-unsur dari persoalan yang mempunyai karakteristik yang sama. Dasar pengelompokan atau stratifikasi sangat tergantung pada tujuan pengelompokan sehingga dasar pengelompokan dapat berbeda-beda tergantung kepada permasalahannya.
- c. Histogram, yaitu merupakan tampilan bentuk grafis untuk menunjukkan data secara visual atau seberapa sering suatu nilai yang berbeda itu terjadi dalam suatu kumpulan data.
- d. Diagram Pareto, yaitu bagan yang berisikan diagram batang (*bars graph*) dan diagram garis (*line graph*), diagram batang memperlihatkan

klasifikasi dan nilai data sedangkan diagram garis mewakili total data kumulatif.

- e. Diagram Scatter, merupakan sepasang data *numeric* (X dan Y) dengan 1 variabel di masing-masing axis untuk mengetahui hubungan-hubungan antara 2 data tersebut.
- f. Diagram Fishbone, merupakan salah satu alat yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menunjukkan hubungan antara sebab dan akibat agar dapat menemukan akar penyebab dari suatu permasalahan. Biasanya digunakan untuk menunjukkan faktor-faktor penyebab dan akibat kualitas yang disebabkan oleh faktor-faktor penyebab tersebut.
- g. Control Chart, merupakan sebuah grafik yang memberi gambaran tentang perilaku sebuah proses. Diagram kontrol ini digunakan untuk memahami apakah sebuah proses manufakturing atau proses bisnis berjalan dalam kondisi yang terkontrol atau tidak. Sebuah proses yang cukup stabil akan tetapi berjalan diluar batas yang diharapkan, harus diperbaiki untuk menemukan akar penyebabnya guna mendapatkan hasil perbaikan yang fundamental.

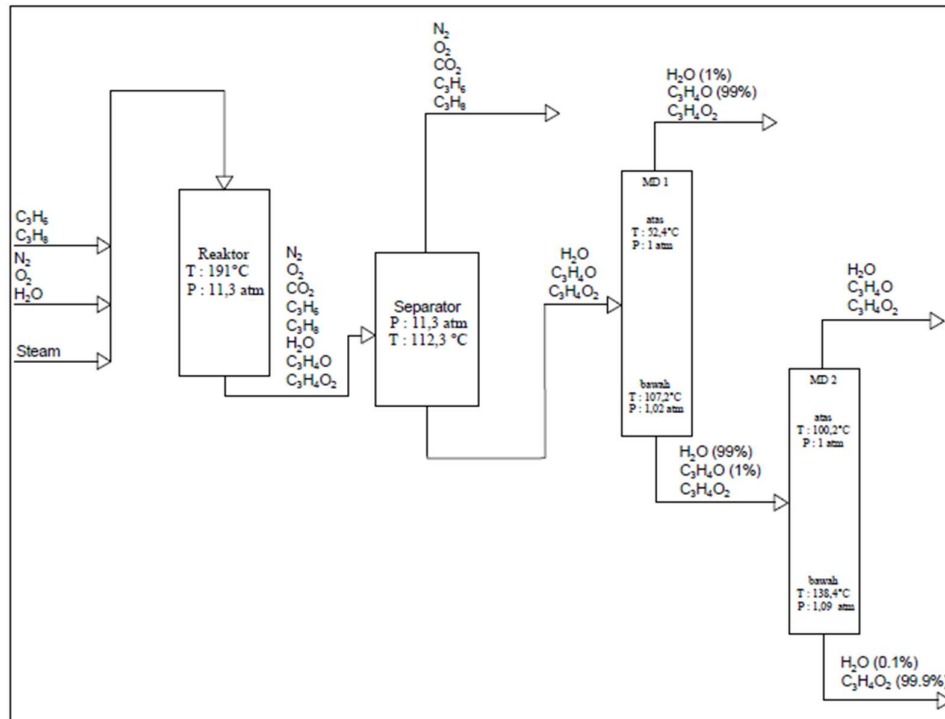
### **2.3.3. Pengendalian Kualitas Produk**

Pengendalian kualitas produk bertujuan untuk mencapai kualitas atau mutu produk yang sesuai standar, pengawasan serta pengendalian yang dilakukan terhadap proses yang telah berlangsung melalui *system control* sehingga produk yang dihasilkan memiliki kualitas sesuai standar dan layak untuk dipasarkan. Produk yang dihasilkan akan melalui pengujian terhadap produk untuk mempertahankan kualitas yang diinginkan dengan beberapa pengujian seperti uji kemurnian produk, viskositas dan lain sebagainya.

## BAB III

### PERANCANGAN PROSES

#### 3.1. Diagram Alir Proses dan Material



**Gambar 3. 1** Diagram Alir Kualitatif

#### 3.2. Uraian Proses

##### 3.2.1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan sebagai umpan (*feed*) reaktor adalah propilen, udara dan uap air (*steam*). Tahap ini memiliki tujuan untuk mendapatkan campuran (*feed*) reaktor sesuai dengan komposisi desain dan kondisi fase uap pada suhu 191°C tekanan 11,3 atm.

##### 1. Bahan Baku Propilen

Propilen dialirkan melalui sistem pipa dari tanki penyimpanan dengan kondisi fase gas dengan tekanan 11,3 atm dan suhu 30°C. Propilen dialirkan dan dibah fase nya terlebih dahulu dari fase cair menjadi gas kemudian dipanaskan menjadi fase uap cair lalu dialirkan menuju *Valve* sehingga bercampur dengan udara dan steam. Bahan baku propilen kemudian

memasuki reaktor untuk dikonversi menjadi akrolein dan asam akrilat.

2. Bahan Baku Udara

Bahan baku udara yang digunakan dalam produksi asam akrilat adalah udara bebas, kering, mempunyai suhu kamar 30°C dan bertekanan 1 atm. Udara kemudian dikompresi hingga mencapai tekanan 11,3 atm dengan kompressor. Proses kompresi berjalan secara adiabatik, sehingga suhu udara keluar kompresor adalah 155°C dan dialirkan menuju *valve* untuk bertemu dengan campuran *steam* dalam pipa.

3. Bahan Baku Uap (*Steam*)

Jenis *steam* yang digunakan adalah *superheated steam*, dalam proses oksidasi *steam* berguna sebagai *diluent* bagi campuran udara dan propilen dan menjaga katalis tidak terjadi pengerasan (*Cooking*). Karena sifat propilen dan udara yang bersifat eksplosif dan mudah terbakar. *Steam* yang digunakan memiliki kondisi suhu sekitar 191°C dan bertekanan 11,3 atm. Kemudian dialirkan menuju *valve* untuk melakukan pencampuran dilakukan dengan mencampurkan udara dengan *steam* terlebih dahulu, kemudian dilanjutkan pencampuran dengan propilen pada pipa yang sama kemudian masuk kedalam aliran umpan (*feed*) reaktor.

### 3.2.2. Reaksi Oksidasi Propilen

Proses reaksi oksidasi propilen bertujuan untuk mereaksikan propilen dengan udara dan membentuk asam akrilat serta produk samping lainnya. Reaksi berlangsung dalam fase gas dimulai pada suhu awal yaitu 191°C dan tekanan 11,3 atm pada reaktor berjalan secara *isothermal nonadiabatic*.

Proses produksi asam akrilat dari propilen melalui proses oksidasi, dilakukan dengan 2 tahap oksidasi, tahap pertama oksidasi propilen menghasilkan akrolein lalu untuk tahap kedua oksidasi akrolein menghasilkan produk asam akrilat. Reaksi berlangsung dalam reaktor jenis Multibed Multitubular Reaktor. Reaksi pembentukan asam akrilat bersifat eksotermis sehingga disertai dengan pelepasan panas. Oleh karenanya, dilakukan pendinginan reaktor dengan thermal fluid yaitu Dowtherm A (Biphenil ( $C_{12}H_{10}$ ) dan Diphenil Oksida ( $C_{12}H_{10}O$ ))

melalui bagian *shell* setiap bed reaktor lalu gas di lanjut pada bed selanjutnya untuk proses oksidasi dengan katalis-katalis pada setiap tube. Sedangkan, bagian *multitube* di aliran umpan (*feed*) gas sebagai tempat berlangsungnya reaksi dengan bantuan katalis *Molybdenum Oxide* yang bereaksi untuk membentuk produk.

Reaktor berjalan secara *iso-thermal non-adiabatic*

### 3.2.3. Tahap Pemisahan

Produk hasil dari reaktor yang berfase gas kemudian dialirkan kedalam separator untuk memisahkan antara fase gas dan cair yaitu produk atas berupa  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8$ ,  $\text{C}_3\text{H}_6$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8$  dan sebagai produk bawah adalah  $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}$ ,  $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ .

Hasil bawah dari separator berupa produk asam akrilat dan produk samping lainnya yang keluar pada kondisi  $147^\circ\text{C}$  dengan tekanan 11,5 bar. Pada tahap pemisahan oleh Menara Destilasi, produk dimurnikan dari  $\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}$  dan komponen  $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}$  menjadi produk samping dari perancangan pabrik ini, dua komponen ini harus dipisahkan dari komponen tersebut yang terkandung dalam  $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2$  yang masih tersisa yaitu sebagai produk sampingnya dengan kemurnian asam akrilat sebesar 99,9% (0,01% air).

Dilanjut pada Menara Destilasi 2 yaitu memisahkan komponen  $\text{H}_2\text{O}$  yang masih terkandung dalam komponen  $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  menjadi hasil atas dan komponen  $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2$  dengan kemurnian yang diinginkan yaitu 99.9%, lalu didinginkan pada Cooler disimpan dalam tanki penyimpanan.

### 3.3. Spesifikasi Alat

**Tabel 3. 1** Spesifikasi Reaktor

| <b>Spesifikasi Umum pada Reaktor</b> |                                                                   |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Kode                                 | : R-01                                                            |
| Fungsi                               | : Proses oksidasi dari propilen menjadi akrolein dan asam akrilat |
| Jenis/tipe                           | : Shell an tube multibed multitubular reaktor                     |
| Mode Operasi                         | : Kontinyu                                                        |
| Jumlah                               | : 1                                                               |
| Harga, Rp                            | : Rp473,428,800                                                   |
| <b>Kondisi Operasi</b>               |                                                                   |
| Suhu, °C                             | : 191°C                                                           |
| Tekanan, atm                         | : 11,3 atm                                                        |
| Kondisi Proses                       | : isothermal nonadiabatis                                         |
| <b>Konstruksi dan Material</b>       |                                                                   |
| Bahan Konstruksi                     | : Carbon Steel                                                    |
| Diameter (ID) shell, m               | : 11                                                              |
| Tebal shell, in                      | : 0,12                                                            |
| Tinggi total, m                      | : 7,4                                                             |
| Jenis head                           | : elipsoidal                                                      |
| <b>insulasi</b>                      |                                                                   |
| Bahan                                | : Fiber Glass                                                     |
| Konduktivitas panas, W/m.K           | : 0,043 W/m.K                                                     |
| Tebal isolasi, in                    | : 0.000465838                                                     |
| Spesifikasi Khusus                   |                                                                   |
| Jenis katalis                        | : Molibdenum Oksida                                               |
| Bentuk katalis                       | : Butiran                                                         |
| Ukuran katalis, mm                   | : 5 mm                                                            |
| Densitas partikel katalis, ρcat      | : 2.100 kg/m <sup>3</sup>                                         |

# Separator

**Tabel 3. 2** Spesifikasi Separator

| Separator        |                                                                               |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Nama dan Kode    | : Separator, SP                                                               |
| Fungsi           | : Memisahkan antara komponen kondensabel (fase cair) dan nonkondensabel (gas) |
| Jenis            |                                                                               |
| Material         | : Carbon Steel                                                                |
| Kondisi Operasi  |                                                                               |
| Suhu, °C         | : 147                                                                         |
| Tekanan, atm     | : 11,3                                                                        |
| Spesifikasi      | :                                                                             |
| Shell            |                                                                               |
| Panjang, m       | : 12,4                                                                        |
| Tebal, in        | : 0,71                                                                        |
| Diameter luar, m | : 4,1                                                                         |
| Head             |                                                                               |
| Panjang, m       | : 0,76                                                                        |
| Tebal, in        | : 0,71                                                                        |
| Harga            | : Rp262.510.200                                                               |
| Jumlah           | : 1                                                                           |

## Menara Distilasi I

**Tabel 3. 3** Spesifikasi Menara Distilasi I

| <b>Menara Distilasi I</b> |                                            |
|---------------------------|--------------------------------------------|
| Nama dan Kode             | Menara Distilasi I, MD-01                  |
| Fungsi                    | : Memisahkan akrolein menjadi komponen uap |
| Jenis                     | : Multistage Distillation                  |
|                           |                                            |
| Tipe                      | : Tray Type Distillation Columns           |
| Material                  | : Carbon Steel                             |
| Kondisi Operasi           | :                                          |
| a. Umpan                  | : 1 bar, 367 K                             |
| b. Distilat               | : 1 bar, 326 K                             |
| c. bottom                 | : 1 bar, 380 K                             |
| Spesifikasi               | :                                          |
| Shell                     |                                            |
| a. diameter, m            | : 0,93                                     |
| b. tinggi, m              | : 12,47                                    |
| c. tebal, m               | : 0,12                                     |
| d. material               | : Carbon Steel                             |
| Head                      |                                            |
| a. Jenis                  | : Elipsoidal                               |
| b. Tebal, in              | : 0,12                                     |
| c. Material               | : Carbon Steel                             |
| Tipe tray                 |                                            |
| a. Jenis tray             | : Sieve Tray                               |
| b. Feed plate             | : 27 dari bawah                            |
| c. Jumlah plate aktual    | : 32                                       |
| d. Susunan hole           | : Triangular                               |
| e. Diameter hole, m       | : 0,17                                     |

**Tabel 3. 3** Spesifikasi Menara Distilasi I Lanjutan

|                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| f. Jumlah Plate     | : 32              |
| g. Plate spacing, m | : 0,3             |
| Jumlah              | : 1               |
| harga               | : Rp5.007.420.000 |

## Menara Distilasi II

**Tabel 3. 4** Spesifikasi Menara Distilasi II

| <b>Menara Distilasi II</b> |                                            |
|----------------------------|--------------------------------------------|
| Nama dan Kode              | Menara Distilasi II, MD-02                 |
| Fungsi                     | : Memisahkan komponen air dan asam akrilat |
| Jenis                      | : Multistage Distillation                  |
| Tipe                       | : Tray Type Distillation Columns           |
| Material                   | : Carbon Steel                             |
| Kondisi Operasi            |                                            |
| a. Umpan                   | : 1 bar, 380 K                             |
| b. Distilat                | : 1,4 bar, 373 K                           |
| c. bottom                  | : 1 bar, 411 K                             |
| Spesifikasi :              |                                            |
| Shell                      |                                            |
| a. diameter, m             | : 2                                        |
| a. tinggi, m               | : 12,93                                    |
| b. tebal, in               | : 0,12                                     |
| c. material                | : Carbon Steel                             |
| Head                       |                                            |
| a. Jenis                   | : Elipsoidal                               |
| b. Tebal, in               | : 0,12                                     |
| c. Material                | : Carbon Steel                             |
| Tipe tray                  |                                            |

**Tabel 3. 4** Spesifikasi Menara Distilasi II Lanjutan

|                        |                    |
|------------------------|--------------------|
| a. Jenis plate         | : Sieve Tray       |
| b. Feed plate, Ns      | : 34 dari bawah    |
| c. Jumlah plate aktual | : 35               |
| d. Susunan hole        | : triangular pitch |
| e. Diameter hole, m    | : 0,13             |
| f. Jumlah plate        | : 35               |
| g. Plate spacing, m    | : 0,3              |
| Jumlah                 | : 1                |
| Harga                  | : Rp2.276.100.000  |

Spesifikasi alat penyimpanan bahan

**Tabel 3. 5** alat penyimpanan bahan

| Tangki                 |                              |                                               |                                                  |                                                      |
|------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Tangki                 | T-01                         | T-02                                          | TP-01                                            | TP-02                                                |
| Fungsi peruntukan alat | Akumulator penyimpanan udara | Penyimpanan bahan baku sebelum melalui proses | Tempat penyimpanan akhir akrolein sebelum dijual | Tempat penyimpanan akhir asam akrilat sebelum dijual |
| Lama penyimpanan       | 1 menit                      | 15 hari                                       | 15 hari                                          | 15 hari                                              |
| Fasa                   | Gas                          | Cair                                          | Cair                                             | Cair                                                 |
| Jumlah                 | 1                            | 1                                             | 1                                                | 1                                                    |
| Jenis tangki           | Horizontal tank              | Horizontal tank                               | Rounds End Tank                                  | Rounds End Tank                                      |

**Tabel 3. 5** alat penyimpan bahan Lanjutan

|                 |                                                                                                              |                                                                                                                 |                                                                                                                 |                                                                                                                  |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kondisi operasi | Suhu(°C): 30<br>Tekanan<br>(bar): 11,5                                                                       | Suhu(°C): 30<br>Tekanan<br>(bar): 11,5                                                                          | Suhu(°C): 50<br>Tekanan<br>(bar): 1                                                                             | Suhu(°C): 50<br>Tekanan<br>(bar): 1                                                                              |
|                 | Bahan konstruksi: Carbon Steel<br>Volume tangki(m <sup>3</sup> ): 60,63<br>Diameter(m) : 2<br>Panjang(m): 20 | Bahan konstruksi: Carbon Steel<br>Volume tangki(m <sup>3</sup> ): 142,67<br>Diameter(m): 17,7<br>Panjang(m): 53 | Bahan konstruksi: Carbon Steel<br>Volume tangki(m <sup>3</sup> ): 32,392<br>Diameter(m): 12,1<br>Tinggi(m): 1,5 | Bahan konstruksi: Carbon Steel<br>Volume tangki(m <sup>3</sup> ): 108,011<br>Diameter(m): 13,7<br>Tinggi(m): 3,3 |
| Tangki          | T-01                                                                                                         | T-02                                                                                                            | TP-01                                                                                                           | TP-02                                                                                                            |
|                 | Tebal (in): 0,40                                                                                             | Tebal (in): 1,31                                                                                                | Tebal (in): 0,18                                                                                                | Tebal (in): 0,18                                                                                                 |
| Head & bottom   | (jenis head) : Round End<br>Tebal head(in) : 0,40                                                            | (jenis head) : Round End<br>Tebal head(in): 1,31                                                                | (jenis roof) : Doom Roof<br>Tebal head(in): 3/16                                                                | (jenis roof) : Doom Roof<br>Tebal head(in): 3/16                                                                 |
| Harga           | Rp544.746.600                                                                                                | Rp886.161.600                                                                                                   | Rp26.084.106.000                                                                                                | Rp57.060.309.600                                                                                                 |

Spesifikasi Alat Transportasi Bahan

**Tabel 3. 6** Alat Transportasi Bahan

| Simbol                  | P-01                                                         | P-02                                                         | P-03                                                                |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Fungsi                  | Memompa propilen dari tangki pengiriman ke tangki bahan baku | Memompa hasil akrolein dari akumulator ke tangki penyimpanan | Memompa hasil bawah MD 1 menuju feed MD 2                           |
| Kapasitas, gallon/menit | 211                                                          | 21,9                                                         | 56,45                                                               |
| Power motor, HP         | 1                                                            | 0,5                                                          | 0,5                                                                 |
| Diameter pipa, in       | 4,5                                                          | 4,6                                                          | 2,7                                                                 |
| Pump head, m            | 7,1                                                          | 10,47                                                        | 0,2                                                                 |
| Viskositas, kg/m.s      | 0,00009423                                                   | 0,0002706                                                    | 0,0003842                                                           |
| Instalasi               | Horizontal                                                   | Horizontal                                                   | Horizontal                                                          |
| material                | Carbon Steel                                                 | Carbon Steel                                                 | Carbon Steel                                                        |
| Harga                   | Rp171.466.200                                                | Rp106.218.000                                                | Rp133.531.200                                                       |
|                         |                                                              |                                                              |                                                                     |
| Simbol                  | P-04                                                         | P-05                                                         | P-06                                                                |
| Fungsi                  | Memompa air dari proses MD 2 dari akumulator ke UPL          | Memompa hasil asam akrilat produk ke tangki penyimpanan 2    | Memompa produk akrolein dari tangki penyimpanan ke tangki penjualan |

**Tabel 3. 6** Alat Transportasi Bahan Lanjutan

|                         |                                                                   |                                                         |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Simbol                  | P-07                                                              | Kompresor                                               |
| Fungsi                  | Memompa asam akrilat dari tangki penyimpanan ke tangki pengiriman | Memompa udara dari tekanan lingkungan 1 atm ke 11,3 atm |
| Kapasitas, gallon/menit | 211                                                               | 1.805.667 Nm <sup>3</sup> /jam                          |
| Power motor, HP         | 2                                                                 | 15.435 HP                                               |
| Diameter pipa, in       | 5                                                                 |                                                         |
| Pump head, m            | 7,8                                                               |                                                         |
| Viskositas, kg/m.s      | 0,000763                                                          |                                                         |
| Instalasi               |                                                                   |                                                         |
| material                | Carbon Steel                                                      | Carbon Stell                                            |
| Harga                   | Rp176.018.400                                                     | Rp65.915.856.000                                        |

Alat Penukar Panas

Heat Exchanger

**Tabel 3. 7** Heat Exchanger I

| Kondisi Operasi          |          |        |           |        |
|--------------------------|----------|--------|-----------|--------|
| Posisi                   | Shell    |        | tube      |        |
| Fluida Gas               |          |        |           |        |
| Tipe fluida              | Panas    |        | dingin    |        |
|                          | Masuk    | Keluar | Masuk     | Keluar |
| Laju alir fluida, kg/jam | -        |        | 72.924,74 |        |
| Laju alir steam, kg/jam  | 1.458,13 |        |           |        |
| Tekanan, bar             | 11,5     |        | 11,5      |        |
| Suhu, K                  | 483,15   | 483,15 | 429       | 464,15 |

**Tabel 3. 7** Heat Exchanger I lanjutan

| Desain Mekanis                    |                 |                                   |                  |
|-----------------------------------|-----------------|-----------------------------------|------------------|
| Shell                             |                 | Tube                              |                  |
| Panjang, ft                       | 10              | Panjang, in                       | 10               |
| Passes                            | 6               |                                   |                  |
| ID, in                            | 36              | ID                                | 0,58             |
| Desain Mekanis                    |                 |                                   |                  |
| Shell                             |                 | Tube                              |                  |
| Jarak baffle, m                   | 0,02            |                                   |                  |
|                                   |                 | A, m <sup>2</sup>                 | 87,1             |
|                                   |                 | BWG                               | 14               |
|                                   |                 | Pitch                             | Triangular Pitch |
| $\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$ | 0,01            | $\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$ | 1482             |
| $Rd_{cal}/Rd_{min}$               | 0,529           | $Rd_{cal}/Rd_{min}$               | 0,529            |
| Harga                             | Rp1.195.711.200 |                                   |                  |

**Tabel 3. 8** Heat Exchanger II

| Kondisi Operasi          |        |        |           |        |
|--------------------------|--------|--------|-----------|--------|
| Posisi                   | Shell  |        | tube      |        |
| Fluida Gas               |        |        |           |        |
| Tipe fluida              | Panas  |        | dingin    |        |
|                          | Masuk  | Keluar | Masuk     | Keluar |
| Laju alir fluida, kg/jam |        |        |           |        |
| Laju alir steam, kg/jam  | 4,380  |        | 8,010,888 |        |
| Tekanan, bar             | 11,5   |        | 12,8      |        |
| Suhu, K                  | 483,15 | 483,15 | 303       | 464,15 |

**Tabel 3. 8** Heat Exchanger II lanjutan

| Desain Mekanis  |     |                   |       |
|-----------------|-----|-------------------|-------|
| Shell           |     | Tube              |       |
| Panjang, ft     |     | Panjang, in       | 10    |
| Passes          | 6   |                   |       |
| ID, in          | 36  | ID                | 0,58  |
| Jarak baffle, m | 0,9 |                   |       |
|                 |     | A, m <sup>2</sup> | 104.5 |

| Desain Mekanis                    |                 |                                   |                  |
|-----------------------------------|-----------------|-----------------------------------|------------------|
| Shell                             |                 | Tube                              |                  |
|                                   |                 | BWG                               | 14               |
|                                   |                 | Pitch                             | Triangular Pitch |
| $\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$ | 0.005           | $\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$ | 6231             |
| $Rd_{cal}/Rd_{min}$               | 0,529           | $Rd_{cal}/Rd_{min}$               | 0,529            |
| Harga                             | Rp1.195.711.200 |                                   |                  |

## Akumulator

**Tabel 3. 9** Akumulator

| Simbol          | Akumulator I                                                                         | Akumulator II                                                                             |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fungsi          | Sebagai tangki akumulasi bahan yaitu akrolein setelah di kondensasi oleh kondensor I | Sebagai tangki akumulasi bahan yaitu asam akrilat setelah di kondensasi oleh kondensor II |
| Jumlah tangki   | 1                                                                                    | 1                                                                                         |
| Jenis tangki    | Horizontal tank                                                                      | Horizontal tank                                                                           |
| Kondisi operasi | Suhu, °C : 52,4<br>Tekanan, bar : 1                                                  | Suhu, °C: 100,2<br>Tekanan, bar : 1                                                       |

**Tabel 3. 9** Akumulator Lanjutan

|             |                        |                          |
|-------------|------------------------|--------------------------|
| spesifikasi | Bahan konstruksi:      | Bahan konstruksi: Carbon |
|             | Carbon Steel           | Steel                    |
|             | Volume tangki(gallon): | Volume tangki(gallon):   |
|             | 4,808                  | 15,600                   |
|             | Diameter(m): 3         | Diameter(m): 9           |
|             | Panjang(m): 9          | Panjang(m): 27           |
| Harga       | Rp274.649.400          | Rp535.642.200            |

## Boiler

**Tabel 3. 10** Boiler

| Kondisi Operasi                   |                                                              |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Tipe boiler                       | : Waste Heat Boiler                                          |
| Kapasitas, kg/jam                 | : 13,095,8                                                   |
| Kapasitas steam, kg/jam           | : 11.905,3                                                   |
| Tipe bahan bakar                  | : Marine Fuel Oil                                            |
| Tekanan kerja, bar                | : 4,79                                                       |
| Suhu, C                           | : (panas) T1 = 255, T2 = 159<br>: (dingin) t1 = 30, t2 = 176 |
| Desain Mekanis                    |                                                              |
| Dimensi shell                     | : Kettle Reboiler                                            |
| Panjang, ft                       | : 16                                                         |
| Diameter, in                      | : 18                                                         |
| Jumlah tabung                     | : 232                                                        |
| Permukaan pemanas, m <sup>2</sup> | : 67,7                                                       |
| Harga                             | : Rp699.521.400                                              |

# Vaporizer

**Tabel 3. 11** Vaporizer

| Kondisi Operasi                   |              |                                   |                  |        |
|-----------------------------------|--------------|-----------------------------------|------------------|--------|
| Posisi                            | Shell        |                                   | tube             |        |
| Fluida Gas                        |              |                                   |                  |        |
| Tipe fluida                       | Panas        |                                   | dingin           |        |
|                                   | Masuk        | Keluar                            | Masuk            | Keluar |
| Laju alir fluida, kg/jam          |              |                                   | 8.182,75         |        |
| Laju alir steam, kg/jam           | 1.682,39     |                                   |                  |        |
| Tekanan, bar                      | 11,5         |                                   | 12,8             |        |
| Suhu, K                           | 423          | 423                               | 303,14           | 303,29 |
| Desain Mekanis                    |              |                                   |                  |        |
| Shell                             |              | Tube                              |                  |        |
| Panjang, ft                       | 12           | Panjang, in                       | 12               |        |
| Passes                            | 6            |                                   |                  |        |
| ID, in                            | 10           | ID                                | 0,58             |        |
| Jarak baffle, m                   | 0,02         |                                   |                  |        |
|                                   |              | A, m <sup>2</sup>                 | 12.03            |        |
|                                   |              | BWG                               | 14               |        |
|                                   |              | Pitch                             | Triangular Pitch |        |
| $\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$ | 87           | $\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$ | 17.9023,29       |        |
| $Rd_{cal}/Rd_{min}$               | 0,529        | $Rd_{cal}/Rd_{min}$               | 0,529            |        |
| Harga                             | Rp89.526.600 |                                   |                  |        |

# Condensor

**Tabel 3. 12** Condensor I

| Kondisi Operasi                   |               |                                   |                  |        |
|-----------------------------------|---------------|-----------------------------------|------------------|--------|
| Posisi                            | Shell         |                                   | tube             |        |
| Fluida Gas                        |               |                                   |                  |        |
| Tipe fluida                       | Dingin        |                                   | Panas            |        |
|                                   | Masuk         | Keluar                            | Masuk            | Keluar |
| Laju alir fluida, kg/jam          |               |                                   | 4.016,70         |        |
| Laju alir air, kg/jam             | 72.208,36     |                                   |                  |        |
| Tekanan, bar                      | 1             |                                   | 1                |        |
| Suhu, K                           | 303,15        | 313,15                            | 332              | 325    |
| Desain Mekanis                    |               |                                   |                  |        |
| Shell                             |               | Tube                              |                  |        |
| Panjang, ft                       | 16            | Panjang, in                       | 16               |        |
| Passes                            | 6             |                                   |                  |        |
| ID, in                            | 20            | ID                                | 0,58             |        |
| Jarak baffle, m                   | 0,5           |                                   |                  |        |
|                                   |               | A, m <sup>2</sup>                 | 79               |        |
|                                   |               | BWG                               | 14               |        |
|                                   |               | Pitch                             | Triangular Pitch |        |
| $\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$ | 140,631       | $\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$ | 1.74             |        |
| $Rd_{cal}/Rd_{min}$               | 0,88          | $Rd_{cal}/Rd_{min}$               | 0,88             |        |
| Harga                             | Rp672.208.200 |                                   |                  |        |

**Tabel 3. 13** Condensor II

| Kondisi Operasi                   |               |                                   |                  |                  |
|-----------------------------------|---------------|-----------------------------------|------------------|------------------|
| Posisi                            |               | Shell                             |                  | tube             |
| Fluida Gas                        |               |                                   |                  |                  |
| Tipe fluida                       |               | Dingin                            |                  | Panas            |
|                                   | Masuk         | Keluar                            | Masuk            | Keluar           |
| Laju alir fluida, kg/jam          |               | 5.168,50                          |                  |                  |
| Laju alir air, kg/jam             |               | 348.377,62                        |                  |                  |
| Tekanan, bar                      |               | 1                                 |                  |                  |
| Suhu, K                           |               | 303,15                            | 313,15           | 373,80    373,37 |
| Desain Mekanis                    |               |                                   |                  |                  |
| Shell                             |               | Tube                              |                  |                  |
| Panjang, ft                       | 24            | Panjang, in                       | 24               |                  |
| Passes                            | 6             |                                   |                  |                  |
| Desain Mekanis                    |               |                                   |                  |                  |
| Shell                             |               | Tube                              |                  |                  |
| ID, in                            |               | ID                                | 0,58             |                  |
| Jarak baffle, m                   | 1,54          |                                   |                  |                  |
|                                   |               | A, m <sup>2</sup>                 | 124              |                  |
|                                   |               | BWG                               | 14               |                  |
|                                   |               | Pitch                             | Triangular Pitch |                  |
| $\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$ | 3,493,250     | $\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$ | 3,95             |                  |
| $Rd_{cal}/Rd_{min}$               | 0,52          | $Rd_{cal}/Rd_{min}$               | 0,52             |                  |
| Harga                             | Rp948.375.000 |                                   |                  |                  |

**Tabel 3. 14 Cooler I**

| Kondisi Operasi                   |              |                                   |        |        |
|-----------------------------------|--------------|-----------------------------------|--------|--------|
| Posisi                            | Outer        |                                   | Inner  |        |
| Fluida Cair                       |              |                                   |        |        |
| Tipe fluida                       | Panas        |                                   | dingin |        |
|                                   | Masuk        | Keluar                            | Masuk  | Keluar |
| Laju alir fluida, kg/jam          | 3.321,82     |                                   |        |        |
| Laju alir pendingin, kg/jam       |              |                                   | 471,30 |        |
| Tekanan, bar                      | 1            |                                   | 1      |        |
| Suhu, K                           | 301.15       | 313.15                            | 325.15 | 303.15 |
| Desain Mekanis                    |              |                                   |        |        |
| Outer                             |              | Inner                             |        |        |
| Panjang, ft                       | 12           | Panjang, in                       | 12     |        |
| ID, in                            | 2,07         | ID, in                            | 1,38   |        |
|                                   |              | A, m <sup>2</sup>                 | 0,6    |        |
| Desain Mekanis                    |              |                                   |        |        |
| Outer                             |              | Inner                             |        |        |
|                                   |              | SCH no                            | 40     |        |
| $\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$ | 132.124      | $\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$ | 26.666 |        |
| $Rd_{cal}/Rd_{min}$               | 0,529        | $Rd_{cal}/Rd_{min}$               | 0,529  |        |
| Harga                             | Rp18.208.800 |                                   |        |        |

**Tabel 3. 15 Cooler II**

| Kondisi Operasi                   |               |                                   |        |                  |        |
|-----------------------------------|---------------|-----------------------------------|--------|------------------|--------|
| Posisi                            |               | Shell                             |        | Tube             |        |
| Fluida Cair                       |               |                                   |        |                  |        |
| Tipe fluida                       |               | Panas                             |        | dingin           |        |
|                                   |               | Masuk                             | Keluar | Masuk            | Keluar |
| Laju alir fluida, kg/jam          |               | 4.602,24                          |        |                  |        |
| Laju alir pendingin, kg/jam       |               |                                   |        | 22.866,21        |        |
| Tekanan, bar                      |               | 1                                 |        | 1                |        |
| Suhu, K                           |               | 301,15                            | 313,15 | 373,37           | 303,15 |
| Desain Mekanis                    |               |                                   |        |                  |        |
| Shell                             |               | Tube                              |        |                  |        |
| Panjang, ft                       | 16            | Panjang, in                       |        | 16               |        |
| ID, in                            | 10            | ID                                |        | 0,58             |        |
| Jarak baffle, m                   | 0,25          |                                   |        |                  |        |
|                                   |               | A, m <sup>2</sup>                 |        | 12,8             |        |
|                                   |               | BWG                               |        | 14               |        |
|                                   |               | Pitch                             |        | Triangular Pitch |        |
| $\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$ | 326.484,61    | $\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$ |        | 0,19             |        |
| $Rd_{cal}/Rd_{min}$               | 0,529         | $Rd_{cal}/Rd_{min}$               |        | 0,529            |        |
| Harga                             | Rp127.461.600 |                                   |        |                  |        |

### 3.3. Neraca Massa

#### 3.4.1. Neraca Massa Reaktor Multibed Multitubular

**Tabel 3. 16** Neraca Massa Reaktor Multibed Multitubular

| Komponen                                     | Masuk     | Keluar    |
|----------------------------------------------|-----------|-----------|
|                                              | Kg/jam    | Kg/jam    |
| N <sub>2</sub>                               | 53.628,09 | 53.628,09 |
| O <sub>2</sub>                               | 16.292,08 | 9.331,64  |
| CO <sub>2</sub>                              | 0         | 25.51     |
| C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>                | 7.837,77  | 940,34    |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>                | 7,85      | 0         |
| H <sub>2</sub> O                             | 1.188,64  | 4.157,13  |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O              | 0         | 3295,96   |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> | 0         | 7575,76   |
| Total                                        | 78.954,43 | 78.954,43 |

### 3.1. Neraca Massa di Separator

**Tabel 3. 17** Neraca Massa di Separator

| Komponen                                     | Masuk     | Keluar Cair | Keluar Gas |
|----------------------------------------------|-----------|-------------|------------|
|                                              | kg/jam    | kg/jam      | kg/jam     |
| N <sub>2</sub>                               | 53.628,09 | 0           | 53628,09   |
| O <sub>2</sub>                               | 9.331,64  | 0           | 9331,64    |
| CO <sub>2</sub>                              | 25,51     | 0           | 25,51      |
| C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>                | 940,34    | 0           | 940,34     |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>                | 0         | 0           | 0          |
| H <sub>2</sub> O                             | 4.157,13  | 4156.75     | 0,37       |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O              | 3.295,96  | 3294.96     | 1,00       |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> | 7.575,76  | 7575.58     | 0,18       |
| Total                                        | 78.954,43 | 15027.30    | 63927,13   |
|                                              | 78.954,43 | 78.954,43   |            |

### 3.1. Neraca Massa di Menara Destilasi I

**Tabel 3. 18** Neraca Massa di Menara Destilasi I

| Komponen                                     | Masuk     | Keluar Atas | Keluar Bawah |
|----------------------------------------------|-----------|-------------|--------------|
|                                              | kg/jam    | kg/jam      | kg/jam       |
| N <sub>2</sub>                               | 0         | 0           | 0            |
| O <sub>2</sub>                               | 0         | 0           | 0            |
| CO <sub>2</sub>                              | 0         | 0           | 0            |
| C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>                | 0         | 0           | 0            |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>                | 0         | 0           | 0            |
| H <sub>2</sub> O                             | 4.156,75  | 33,12       | 4.123,64     |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O              | 3.294,96  | 3.278,49    | 16,47        |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> | 7.575,58  | 0           | 7.575,58     |
| Total                                        | 15.027,30 | 3.311,60    | 11.715,69    |
|                                              | 15.027,30 | 15.027,30   |              |

### 3.4.4. Neraca Massa di Menara Destilasi II

**Tabel 3. 19** Neraca Massa di Menara Destilasi II

| Komponen                                     | Masuk     | Keluar Atas | Keluar Bawah |
|----------------------------------------------|-----------|-------------|--------------|
|                                              | kg/jam    | kg/jam      | kg/jam       |
| N <sub>2</sub>                               | 0         | 0           | 0            |
| O <sub>2</sub>                               | 0         | 0           | 0            |
| CO <sub>2</sub>                              | 0         | 0           | 0            |
| C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>                | 0         | 0           | 0            |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>                | 0         | 0           | 0            |
| H <sub>2</sub> O                             | 4.123,64  | 4.047,88    | 75,76        |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O              | 16,47     | 16,47       | 0            |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> | 7.575,58  | 75,76       | 7.499,83     |
| Total                                        | 11.715,69 | 4.140,11    | 7.575,8      |
|                                              | 11.715,69 | 11.715,69   |              |

### 3.4. Neraca Panas

#### 3.5.1. Heat Exchanger I

**Tabel 3. 20** Heat Exchanger I

| Komponen       | In            |              | Out           |              |
|----------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
|                | Q1            | Q1 steam     | Q2            | Q2 steam     |
| N <sub>2</sub> | 8.751.111,21  | -            | 10.754.008,77 | -            |
| O <sub>2</sub> | 2.420.772,28  | -            | 2.974.822,93  | -            |
| Steam          | -             | 3.838.983,19 | -             | 1.282.034,97 |
| Total          | 15.010.866,67 |              | 15.010.866,67 |              |

**Tabel 3. 21** Heat Exchanger II

| Komponen                      | In           |              | Out          |            |
|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|------------|
|                               | Q1           | Q1 steam     | Q2           | Q2 steam   |
| C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> | 163.459,13   | -            | 1.040.749,13 | -          |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> | 160,63       | -            | 1.022,73     | -          |
| Steam                         | -            | 1.318.451,09 | -            | 440.298,99 |
| Total                         | 1.482.070,85 |              | 1.482.070,85 |            |

#### 3.5.2. Vaporizer

**Tabel 3. 22** Vaporizer

| Komponen                      | In           |              | Out          |              |
|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                               | Q1           | Q1 steam     | Q2           | Q2 steam     |
| C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> | 653.693,25   | -            | 4.065.131,01 | -            |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> | 636,84       | -            | 4.084,73     | -            |
| Steam                         | -            | 4.434.350,81 | -            | 1.019.465,16 |
| Total                         | 5.088.680,89 |              | 5.088.680,89 |              |

### 3.5.3. Reaktor

**Tabel 3. 23** Reaktor

| Komponen                                     | In            |            | Out           |            |
|----------------------------------------------|---------------|------------|---------------|------------|
|                                              | Q1            | Q1 Dow     | Q2            | Q2 Dow     |
| N <sub>2</sub>                               | -1.391.202,49 | -          | -4.658.686,82 | -          |
| O <sub>2</sub>                               | -374.086,45   | -          | -714.582,26   | -          |
| CO <sub>2</sub>                              | 0             | -          | -1..800,22    | -          |
| C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>                | -294.800,74   | -          | -111138,25    | -          |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>                | -322,32       | -          | 0             | -          |
| H <sub>2</sub> O                             | 0             | -          | -164.922,36   | -          |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O              | -107.516,35   | -          | -1.226.993,43 | -          |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> | 0             | -          | -620.514,62   | -          |
| Dowtherm A                                   | -             | 13.981.284 | -             | 158.811.64 |
| Total                                        | 8.382.526,15  |            | 8.382.526,15  |            |

### 3.5.4. Reboiler

**Tabel 3. 24** Reboiler I

| Komponen                                     | In           |              | Out          |              |
|----------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                              | Q1           | Q1 air       | Q2           | Q2 air       |
| H <sub>2</sub> O                             | 2.339.674,18 | -            | 5.618.091,83 | -            |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O              | 16.985,50    | -            | 37.750,91    | -            |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> | 1.956.006,86 |              | 2.442.772,96 |              |
| air                                          | -            | 4.918.247,88 | -            | 1.132.298,72 |
| Total                                        | 9.230.914,42 |              | 9.230.914,42 |              |

**Tabel 3. 25** Reboiler II

| Komponen                                     | In            |               | Out           |              |
|----------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
|                                              | Q1            | Q1 air        | Q2            | Q2 air       |
| H <sub>2</sub> O                             | 149.971,04    | -             | 1.116.831,18  | -            |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O              | 0,42          | -             | 1,46          | -            |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> | 4.233,369,47  | -             | 20.361.029,24 | -            |
| air                                          | -             | 22.207.136,94 | -             | 5.112.615,99 |
| Total                                        | 26.590.477,88 |               | 26.590.477,88 |              |

**3.5.5. Condensor****Tabel 3. 26** Condensor I

| Komponen                                     | In            |              | Out           |              |
|----------------------------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
|                                              | Q1            | Q1 air       | Q2            | Q2 air       |
| H <sub>2</sub> O                             | 162.720,08    | -            | 10.995,49     | -            |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O              | 3.268.827,74  | -            | 445.511,01    | -            |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> | 8,29          | -            | 0,86          | -            |
| air                                          | -             | 8.925.146,23 | -             | 1.190.194,97 |
| Total                                        | 12.356.702,33 |              | 12.356.702,33 |              |

**Tabel 3. 27** Condensor II

| Komponen                                     | In            |               | Out           |               |
|----------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                                              | Q1            | Q1 air        | Q2            | Q2 air        |
| H <sub>2</sub> O                             | 1.504.949,15  | -             | 1.923.304,06  | -             |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O              | 31.913,31     | -             | 8.031,29      | -             |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> | 92.218,01     | -             | 17.648,48     | -             |
| air                                          | -             | 39.673.930,93 | -             | 52.898.574,57 |
| Total                                        | 54.847.558,41 |               | 54.847.558,41 |               |

### 3.5.6. Waste Heat Boiler

**Tabel 3. 28** Waste Heat Boiler

| Komponen                                     | In               |            | Out              |              |
|----------------------------------------------|------------------|------------|------------------|--------------|
|                                              | Q1               | Q1 steam   | Q2               | Q2 steam     |
| N <sub>2</sub>                               | 1.299.958.298,14 | -          | 1.299.902.001,84 | -            |
| O <sub>2</sub>                               | 122.890.503,53   | -          | 122.881.585,81   | -            |
| CO <sub>2</sub>                              | 387.818,09       | -          | 387.793,31       | -            |
| C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>                | 883.662,98       | -          | 881.749,53       | -            |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>                | 0                | -          | 0                | -            |
| H <sub>2</sub> O                             | 3.003.219,88     | -          | 2.995.218,28     | -            |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O              | 1.592.498,07     | -          | 1.587.381,04     | -            |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> | 3.127.392,76     | -          | 3.116.545,85     | -            |
| Steam                                        | -                | 255.538,70 | -                | 1.506.400,63 |
| Total                                        | 1.432.098.932,15 |            | 1.433.258.676,29 |              |
| Selisih = 1.159.744,14 (0,08%)               |                  |            |                  |              |

### 3.5.7. Condensor Parsial

**Tabel 3. 29** Condensor Parsial

| Komponen                                     | In             |          | Out            |          |
|----------------------------------------------|----------------|----------|----------------|----------|
|                                              | Q1             | Q1 steam | Q2             | Q2 steam |
| N <sub>2</sub>                               | 326.024.114,65 | -        | 324.407.492,70 | -        |
| O <sub>2</sub>                               | 28.773.003,30  | -        | 28.518.175,37  | -        |
| CO <sub>2</sub>                              | 34.926,50      | -        | 34.225,25      | -        |
| C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>                | 384.577,68     | -        | 331.885,11     | -        |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>                | 0              | -        | 0              | -        |
| H <sub>2</sub> O                             | 2.136.330,08   | -        | 1.954.890,16   | -        |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O              | 1.014.806,14   | -        | 838.362,72     | -        |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> | 326.024.114,65 | -        | 1.826.917,38   | -        |

**Tabel 3. 29** Condensor Parsial lanjutan

| Komponen                        | In             |               | Out            |               |
|---------------------------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
|                                 | Q1             | Q1 steam      | Q2             | Q2 steam      |
| Steam                           | -              | 22.143.328,43 | -              | 36.905.547,38 |
| Total                           | 382.638.170,87 |               | 394.817.496,08 |               |
| Selisih = 12.179.325,21 (3,08%) |                |               |                |               |

**3.5.8. Cooler****Tabel 3. 30** Cooler I

| Komponen                                     | In         |           | Out        |           |
|----------------------------------------------|------------|-----------|------------|-----------|
|                                              | Q1         | Q1 air    | Q2         | Q2 air    |
| H <sub>2</sub> O                             | 9.094,96   | -         | 8.640,29   | -         |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O              | 382.558,08 | -         | 363.433,64 | -         |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> | 0,74       | -         | 0,70       | -         |
| air                                          | -          | 58.737,44 | -          | 78.316,58 |
| Total                                        | 450.391,22 |           | 450.391,22 |           |

**Tabel 3. 31** Cooler II

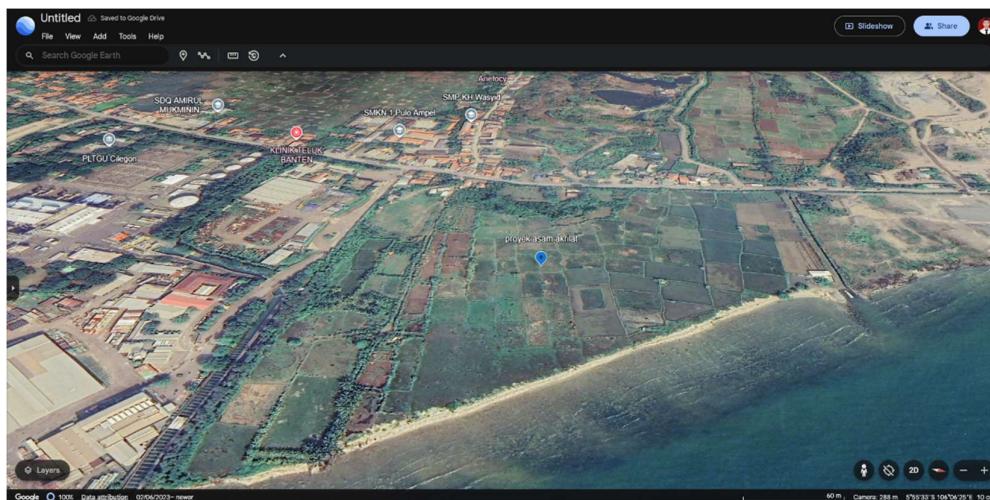
| Komponen                                     | In           |              | Out          |              |
|----------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                              | Q1           | Q1 air       | Q2           | Q2 air       |
| H <sub>2</sub> O                             | 903.356,99   | -            | 47.033,55    | -            |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O              | 3.919,08     | -            | 68,02        | -            |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> | 8.490,07     | -            | 115,06       | -            |
| air                                          | -            | 2.605.648,53 | -            | 3.474.198,05 |
| Total                                        | 3.521.414,67 |              | 3.521.414,67 |              |

## **BAB IV**

### **PERANCANGAN PABRIK**

#### **4.1. Lokasi pabrik**

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



**Gambar 3. 2** Lokasi Pendirian Pabrik

Berdasarkan pertimbangan telah ditentukan rencana lokasi Pabrik Asam Akrilat di daerah Serang, Banten

##### **4.1.1. Ketersediaan bahan baku**

Ketersediaan bahan baku perlu diperhatikan untuk menjamin kontinuitas produksi suatu pabrik. Bahan baku dalam pembuatan asam akrilat adalah propilen yang diperoleh dari pabrik-pabrik yang ada di Indonesia. Sampai saat ini yang memproduksi propilen yaitu PT Chandra Asri Petrochemical sebesar 490.000 ton/tahun, PT Pertamina (RFCCC) RU IV Cilacap sebesar 142.000 ton/tahun, PT Pertamina (ROOP) RU VI, Balongan sebesar 179.000 ton/tahun dan PT Pertamina

(FCCU) RU III, Plaju sebesar 46.500 ton/tahun. Dengan rancangan pabrik asam akrilat yang berkapasitas 60.000 ton/tahun ini diperkirakan bahan baku masih dapat terpenuhi. Karena ketersediaan bahan baku di Indonesia akan membuat harga pembelian bahan baku lebih murah daripada mengimpor bahan baku, selain itu dapat meningkatkan efisiensi produk propilen dalam negeri. Bahan baku lain yaitu Udara dan Air mudah untuk didapatkan yang terbilang gratis tidak membeli hanya membutuhkan pre-treatment saja untuk menjadikannya layak untuk bahan baku. Dekatnya bahan baku dengan lokasi pembangunan pabrik menjadi faktor utama pemilihan lokasi ini.

#### **4.1.2. Pemasaran produk**

Satu satunya Pabrik Asam Akrilat di Indonesia adalah PT. Nippon Shoukubai yang berkapasitas 240.000 ton/tahun. Untuk saat ini kebutuhan Asam Akrilat dalam negeri tidak besar namun Indonesia masih menerima impor barang tersebut dari Jepang. Produk Asam Akrilat dapat dijual untuk industri-industri polimer, cat, perekat serta industri tekstil yang juga berada di Serang, Banten. Lokasi ini merupakan daerah industri kimia yang terus berkembang sehingga dapat menjadi pasar yang baik bagi industri-industri lainnya yang bergerak dalam satu lingkup ekonomi yang sama.

#### **4.1.3. Utilitas**

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

#### **4.1.4. Transportasi**

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

#### **4.1.5. Tenaga kerja**

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

#### **4.1.6. Keadaan iklim**

Lokasi yang dipilih merupakan lokasi yang cukup stabil karena memiliki iklim rata-rata yang cukup baik. Seperti daerah lain di Indonesia yang beriklim tropis dengan suhu udara berkisar 25-30°C.

#### **4.1.7. Sosial masyarakat**

Pabrik ini akan membuka peluang kerja bagi masyarakat sekitar sehingga diperkirakan akan didukung oleh masyarakat sekitar dengan adanya lapangan pekerjaan yang akan membantu roda perekonomian.

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

### **4.2. Tata letak pabrik (Layout Plant)**

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

- a. Urutan proses produksi
- b. Pengembangan lokasi baru atau penambahan/perluasan lokasi yang belum dikembangkan pada masa yang akan datang
- c. Distribusi ekonomis pada pengadaan air, steam proses, tenaga listrik dan bahan baku

- d. Pemeliharaan dan perbaikan
  - e. Keamanan (*safety*) terutama dari kemungkinan kebakaran dan keselamatan kerja
  - f. Bangunan yang meliputi luas bangunan, kondisi bangunan dan konstruksinya yang memenuhi syarat
  - g. Fleksibilitas dalam 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
- Pengaturan tata letak pabrik yang baik akan memberikan beberapa keuntungan seperti (Peters, 2004) :
- a. Mengurangi jarak transportasi bahan baku dan produksi, sehingga mengurangi *material handling*
  - b. Memberikan ruang gerak yang lebih leluasa sehingga mempermudah perbaikan mesin dan peralatan yang rusak atau di-*blowdown*
  - c. Mengurangi biaya produksi
  - d. Meningkatkan keselamatan kerja
  - e. Mengurangi kerja semimumum mungkin
  - f. Meningkatkan pengawasan operasi dan proses agar lebih baik

Secara garis besar layout pabrik dibagi menjadi beberapa daerah utama, yaitu :

#### **4.2.1. Daerah administrasi/perkantoran dan laboratorium**

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

#### **4.2.2. Daerah proses dan ruang kontrol**

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

#### **4.2.3. Daerah pergudangan, umum, bengkel dan garasi**

Tempat penyimpanan barang, perbaikan alat dan roda transportasi

#### 4.2.4. Daerah utilitas dan power station

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

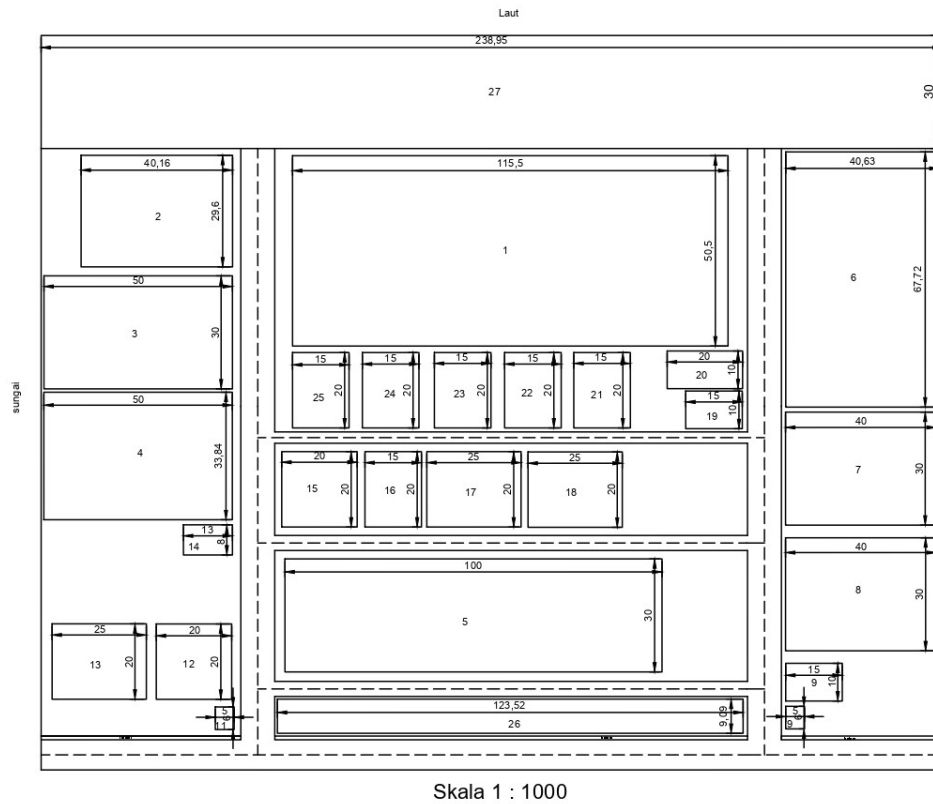
**Tabel 4. 1** Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik

| Skala 1: 1000 |                           |              |       |                 |       |
|---------------|---------------------------|--------------|-------|-----------------|-------|
| No            | Lokasi                    | Ukuran Tanah |       | Ukuran Bangunan |       |
|               |                           | (dalam m)    |       | (dalam m)       |       |
| 1             | Kantor utama              | 100          | 30    | 100             | 30    |
| 2             | Pos<br>Keamanan/satpam    | 5            | 6     | 5               | 6     |
| 3             | Mess                      | 20           | 20    | 20              | 20    |
| 4             | Parkir Tamu               | 15           | 10    |                 |       |
| 5             | Parkir Truk               | 40           | 30    |                 |       |
| 6             | Ruang timbang<br>truk     | 20           | 10    | 20              | 10    |
| 7             | Klinik                    | 25           | 20    | 25              | 20    |
| 8             | Masjid                    | 15           | 20    | 15              | 20    |
| 9             | Kantin                    | 25           | 20    | 25              | 20    |
| 10            | Bengkel                   | 15           | 10    | 15              | 10    |
| 11            | Unit pemadam<br>kebakaran | 15           | 10    | 15              | 10    |
| 12            | Gudang alat               | 15           | 20    | 15              | 20    |
| 13            | Laboratorium              | 15           | 20    | 15              | 20    |
| 14            | Utilitas                  | 50           | 33,84 | 50              | 33,84 |
| 15            | Area proses               | 115,5        | 50,5  | 115,5           | 50,5  |
| 16            | Control Room              | 15           | 20    | 15              | 20    |

**Tabel 4. 1** Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik lanjutan

|                            |                        |           |      |           |      |
|----------------------------|------------------------|-----------|------|-----------|------|
| 17                         | Control Utilitas       | 13        | 8    | 13        | 8    |
| 18                         | Unit Pengolahan Limbah | 50        | 30   | 50        | 30   |
| 19                         | Taman                  | 123,5     | 9    | 123,5     | 9    |
| 20                         | Perluasan pabrik       | 40        | 67,7 | 40        | 67,7 |
| 21                         | Dermaga                | 238,95    | 30   | 238,95    | 30   |
| Total Luas, m <sup>2</sup> |                        | 27.596,75 |      | 15.258,75 |      |
|                            |                        | 42.855,5  |      |           |      |

### 4.3. Layout pabrik asam akrilat



**Gambar 4. 1** Layout Pabrik

#### Keterangan

|    |                              |    |                    |
|----|------------------------------|----|--------------------|
| 1  | Alat proses                  | 15 | Aula               |
| 2  | Tangki bahan baku dan produk | 16 | Masjid             |
| 3  | Unit pengolahan limbah       | 17 | Foodcourt          |
| 4  | Utilitas                     | 18 | Klinik             |
| 5  | Kantor utama                 | 19 | Bengkel            |
| 6  | Area perluasan               | 20 | Ruang timbang truk |
| 7  | Parkiran truk                | 21 | Gudang alat        |
| 8  | Parkiran karyawan            | 22 | Pemadam kebakaran  |
| 9  | Parkiran tamu                | 23 | Lab                |
| 10 | Security utama               | 24 | Safety room        |
| 11 | Security bahan baku          | 25 | Ruangan kendali    |
| 12 | Mess                         | 25 | Taman              |
| 13 | Pusat kebugaran              | 27 | Dermaga            |
| 14 | Kontrol utilitas             |    |                    |

#### **4.4. Tata letak mesin/alat (machines)**

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

##### **4.4.1. Aliran bahan baku dan produk**

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

##### **4.4.2. Aliran udara**

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

##### **4.4.3. Pencahayaan**

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

##### **4.4.4. Lalu lintas manusia dan kendaraan**

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

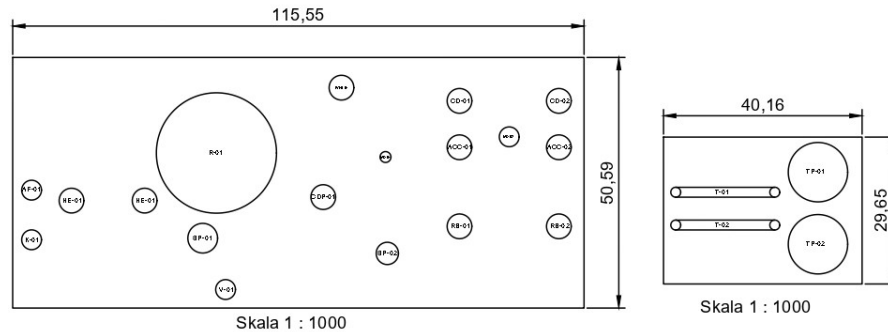
##### **Pertimbangan ekonomi**

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

##### **4.4.5. Jarak antar alat proses**

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

#### 4.5. Layout alat proses



**Gambar 4. 2** Layout Alat Proses

##### Keterangan

|    |                      |    |                       |
|----|----------------------|----|-----------------------|
| 1  | Reaktor              | 13 | Menara Destilasi-02   |
| 2  | Tangki-01            | 14 | Condensor-01          |
| 3  | Tangki-02            | 15 | Condensor-02          |
| 4  | Heat Exchanger-01    | 16 | Accumulator-01        |
| 5  | Heat Exchanger-02    | 17 | Accumulator-02        |
| 7  | Separator-01         | 18 | Reboiler-01           |
| 8  | Separator-02         | 19 | Reboiler-02           |
| 9  | Vaporizer-01         | 20 | Cooler-01             |
| 10 | Waste Heat Boiler-01 | 21 | Cooler-02             |
| 11 | Condensor Partial-01 | 22 | Tangki Penyimpanan-01 |
| 12 | Menara Destilasi-01  | 23 | Tangki Penyimpanan-02 |

#### 4.6. Organisasi perusahaan

##### 4.6.1. Bentuk perusahaan

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

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

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

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

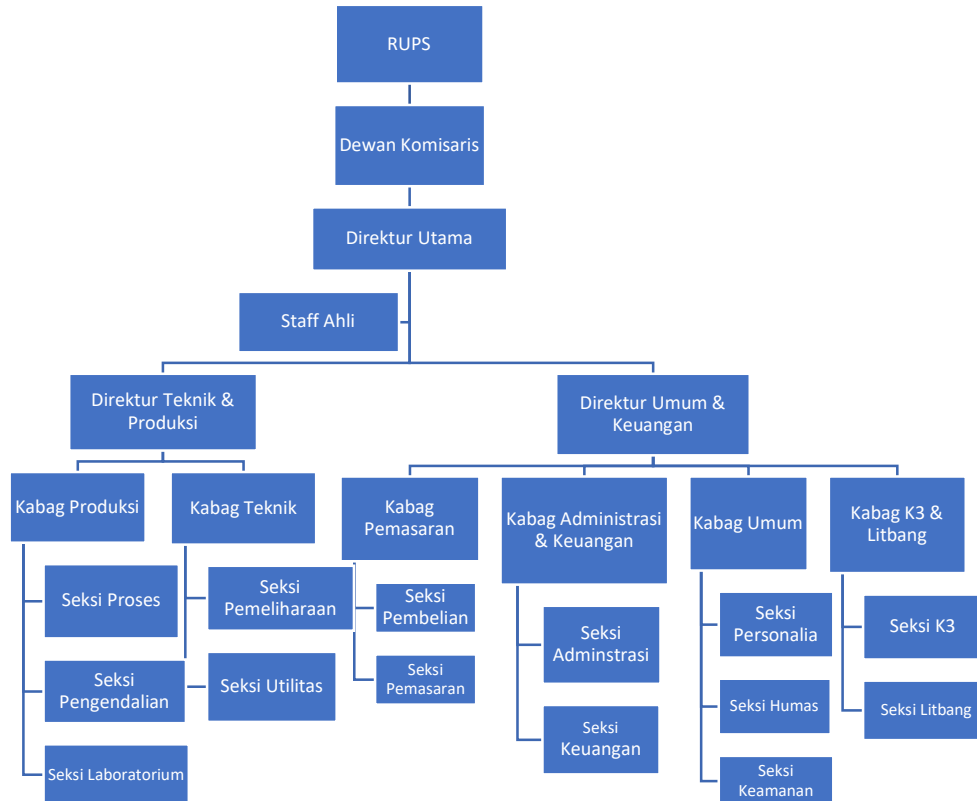
#### **4.6.2. Struktur organisasi**

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

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

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

kekuasaan tertinggi berada pada rapat umum pemegang saham.



**Gambar 4.3** Struktur Organisasi

#### 4.6.3. Tugas dan wewenang

##### a. Pemegang saham

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

Pada rapat umum tersebut para pemegang saham:

1. Meminta pertanggungjawaban Dewan Komisaris

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

**b. Dewan komisaris**

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

Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi :

1. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijaksanaan umum, target laba perusahaan, alokasi sumber-sumber dana dan pengarahannya
2. Melaksanakan pembinaan dan pengawasan terhadap seluruh kegiatan dan pelaksanaan tugas direktur
3. Membantu direktur utama dalam hal-hal penting

**c. Direktur utama**

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

1. Memimpin dan membina perusahaan secara efektif dan efisien,
2. Menyusun dan melaksanakan kebijaksanaan umum pabrik sesuai dengan kebijaksanaan RUPS,
3. Mengadakan kerjasama dengan pihak luar demi kepentingan perusahaan,
4. Mewakili perusahaan dalam mengadakan hubungan maupun perjanjian-perjanjian dengan pihak ketiga,
5. Merencanakan dan mengawasi pelaksanaan tugas setiap personalia yang bekerja pada perusahaan

Dalam melaksanakan tugasnya, Direktur Utama dibantu oleh Direktur

Produksi dan Teknik, serta Direktur Keuangan dan Umum.

1. Direktur Teknik dan Produksi

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

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

a. Kepala bagian produksi

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

b. Kepala bagian teknik

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

2. Direktur Keuangan dan Umum

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

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

a. Kepala bagian pemasaran

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

Bagian Pemasaran dibantu oleh dua Seksi, yaitu Seksi Pembelian dan Seksi Pemasaran.

b. Kepala bagian administrasi dan keuangan

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

c. Kepala bagian umum

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

d. Kepala bagian K3 dan litbang

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

**d. Staff ahli**

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

**e. Pembagian jam kerja karyawan**

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

1. Karyawan non-shift

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

Jam kerja : Senin – Jumat pukul 07.00 – 16.00

Jam istirahat : Senin – Kamis pukul 12.00 – 13.00

: Jumat pukul 11.30 – 13.30

## 2. Karyawan shift

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

Shift pagi : pukul 07.00 – 15.00

Shift siang : pukul 15.00 – 23.00

Shift malam : pukul 23.00 – 07.00

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

**Tabel 4. 2** Karyawan Shift

| Regu | I | II | III | IV |
|------|---|----|-----|----|
| Hari |   |    |     |    |
| 1    | P | S  | M   | L  |
| 2    | P | S  | L   | M  |
| 3    | P | L  | S   | M  |
| 4    | L | P  | S   | M  |
| 5    | M | P  | S   | L  |
| 6    | M | P  | L   | S  |
| 7    | M | L  | P   | S  |
| 8    | L | M  | P   | S  |
| 9    | S | M  | P   | L  |
| 10   | S | M  | L   | P  |

Keterangan:

P : Pagi

S : Siang

M : Malam

L : Libur

**f. Ketenagakerjaan**

**1. Cuti tahunan**

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

**2. Hari libur nasional**

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

Daftar gaji karyawan perusahaan ini ditunjukkan pada tabel

**Tabel 4. 3** Daftar Gaji Karyawan

| No  | Jabatan                            | jml | Gaji           | Gaji         | gaji          |
|-----|------------------------------------|-----|----------------|--------------|---------------|
|     |                                    |     | (/orang/bulan) | (/bulan)     | (/tahun)      |
| 1.  | Direktur Utama                     | 1   | Rp30.000.000   | Rp30.000.000 | Rp360.000.000 |
| 2.  | Direktur Produksi & Teknik         | 1   | Rp25.000.000   | Rp25.000.000 | Rp300.000.000 |
| 3.  | Direktur Keuangan & Umum           | 1   | Rp25000.000    | Rp25.000.000 | Rp300000.000  |
| 4.  | Staff Ahli                         | 1   | Rp20.000.000   | Rp20.000.000 | Rp240.000.000 |
| 5.  | Ka. Bag. Produksi                  | 1   | Rp20.000.000   | Rp20.000.000 | Rp240.000.000 |
| 6.  | Ka. Bag. Teknik                    | 1   | Rp20.000.000   | Rp20.000.000 | Rp240.000.000 |
| 7.  | Ka. Bag. Pemasaran                 | 1   | Rp15.000.000   | Rp15.000.000 | Rp180.000000  |
| 8.  | Ka. Bag. Keuangan dan administrasi | 1   | Rp15.000000    | Rp15.000.000 | Rp180.000.000 |
| 9.  | Ka. Bag. Umum                      | 1   | Rp15.000.000   | Rp15.000.000 | Rp180.000.000 |
| 10. | Ka. Bag. K3 & Litbang              | 1   | Rp15.000.000   | Rp15.000.000 | Rp180.000.000 |
| 11. | Ka. Sek. Proses                    | 1   | Rp15.000.000   | Rp15.000.000 | Rp180.000.000 |
| 12. | Ka. Sek. Pengendalian              | 1   | Rp15.000.000   | Rp15.000.000 | Rp180.000.000 |
| 13. | Ka. Sek. Laboratorium              | 1   | Rp15.000.000   | Rp15.000.000 | Rp180.000.000 |

**Tabel 4. 3** Daftar Gaji Karyawan lanjutan

|     |                          |   |              |              |               |
|-----|--------------------------|---|--------------|--------------|---------------|
| 14. | Ka. Sek.<br>Pemeliharaan | 1 | Rp15.000.000 | Rp15.000.000 | Rp180.000.000 |
| 15. | Ka. Sek.<br>Utilitas     | 1 | Rp15.000.000 | Rp15.000.000 | Rp180.000.000 |
| 16. | Ka. Sek.<br>Pembelian    | 1 | Rp10.000.000 | Rp10.000.000 | Rp120.000.000 |
| 17. | Ka. Sek.<br>Pemasaran    | 1 | Rp10.000.000 | Rp10.000.000 | Rp120.000.000 |
| 18. | Ka. Sek.<br>Administrasi | 1 | Rp10.000.000 | Rp10.000.000 | Rp120.000.000 |
| 19. | Ka. Sek. Kas             | 1 | Rp10.000.000 | Rp10.000.000 | Rp120.000.000 |
| 20. | Ka. Sek.<br>Personalia   | 1 | Rp10.000.000 | Rp10.000.000 | Rp120.000.000 |
| 21. | Ka. Sek.<br>Humas        | 1 | Rp10.000.000 | Rp10.000.000 | Rp120.000.000 |
| 22. | Ka. Sek.<br>Keamanan     | 1 | Rp10.000.000 | Rp10.000.000 | Rp120.000.000 |
| 23. | Ka. Sek. K3              | 1 | Rp10.000.000 | Rp10.000.000 | Rp120.000.000 |
| 24. | Ka. Sek.<br>Litbang      | 1 | Rp10.000.000 | Rp10.000.000 | Rp120.000.000 |
| 25. | Karyawan<br>Proses       | 8 | Rp6.000.000  | Rp48.000.000 | Rp576.000.000 |
| 26. | Karyawan<br>Pengendalian | 4 | Rp6.000.000  | Rp24.000.000 | Rp288.000.000 |
| 27. | Karyawan<br>Laboratorium | 4 | Rp6.000.000  | Rp24.000.000 | Rp288.000.000 |
| 28. | Karyawan<br>Pemeliharaan | 6 | Rp6.000.000  | Rp36.000.000 | Rp432.000.000 |
| 29. | Karyawan<br>Utilitas     | 6 | Rp6.000.000  | Rp36.000.000 | Rp432.000.000 |

**Tabel 4. 3** Daftar Gaji Karyawan lanjutan

|       |                           |     |               |               |                |
|-------|---------------------------|-----|---------------|---------------|----------------|
| 30.   | Karyawan Pembelian        | 4   | Rp5.000.000   | Rp20.000.000  | Rp240.000.000  |
| 31.   | Karyawan Pemasaran        | 4   | Rp5.000.000   | Rp20.000.000  | Rp240.000.000  |
| 32.   | Karyawan Administras<br>i | 3   | Rp5.000.000   | Rp15.000.000  | Rp180.000.000  |
| 33.   | Karyawan Kas              | 3   | Rp5.000.000   | Rp15.000.000  | Rp180.000.000  |
| 34.   | Karyawan Personalia       | 3   | Rp5.000.000   | Rp15.000.000  | Rp180.000.000  |
| 35.   | Karyawan Humas            | 3   | Rp5.000.000   | Rp15.000.000  | Rp180.000.000  |
| 36.   | Karyawan Keamanan         | 6   | Rp4.000000    | Rp24.000.000  | Rp288.000.000  |
| 37.   | Karyawan K3               | 4   | Rp4.000.000   | Rp16.000.000  | Rp192.000.000  |
| 38.   | Karyawan Litbang          | 3   | Rp4.000.000   | Rp12.000.000  | Rp144.000.000  |
| 39.   | Operator                  | 20  | Rp6.000.000   | Rp120.000.000 | Rp1.440.000.00 |
| 40.   | Supir                     | 4   | Rp4.200.000   | Rp16.800.000  | Rp201.600.000  |
| 41.   | Librarian                 | 1   | Rp4.500.000   | Rp4.500.000   | Rp54.000.000   |
| 42.   | <i>Cleaning service</i>   | 5   | Rp4.200.000   | Rp21.000.000  | Rp252.000.000  |
| 43.   | Dokter                    | 2   | Rp8.000.000   | Rp16.000.000  | Rp192.000.000  |
| 44.   | Perawat                   | 3   | Rp4.500.000   | Rp13.500.000  | Rp162.000.000  |
| Total |                           | 120 | Rp468.400.000 | Rp876.800.000 | Rp10.521.600.0 |

#### **g. Fasilitas karyawan**

Untuk meningkatkan produktifitas karyawan, perusahaan menyediakan fasilitas yang memadai. Adanya fasilitas dalam perusahaan diharapkan dapat menjaga kondisi jasmani dan rohani karyawan, sehingga mereka tidak merasa jenuh dalam menjalankan pekerjaan sehari-hari dan kegiatan dalam perusahaan dapat berjalan dengan lancar. Fasilitas yang disediakan perusahaan, meliputi:

1. Poliklinik

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

2. Pakaian kerja

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

3. Makan dan minum

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

4. Koperasi

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

5. Tunjangan hari raya

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

6. Jamsostek

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

7. Tempat ibadah

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

lainnya.

#### 8. Transportasi

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

#### 9. Hak cuti

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

- a. Cuti tahunan, yang diberikan kepada karyawan setiap tahunnya selama 12 hari.
- b. Cuti masal, yang diberikan kepada karyawan saat hari raya Idul Fitri selama 4 hari.

## BAB V

### UTILITAS

#### 5.1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment*)

##### 5.1.1. Unit Penyediaan Air

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

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

Air yang diperlukan di lingkungan pabrik digunakan untuk:

##### 1. Air pendingin

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

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

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

Uap atau *steam* dalam pabrik digunakan sebagai media pemanas. Air umpan *boiler* disediakan dengan excess 20%. Excess merupakan pengganti steam yang hilang karena kebocoran transmisi 10% serta faktor keamanan sebesar 20%. Sehingga kebutuhan air umpan *boiler* yang diperoleh dari perhitungan adalah

sebanyak 751,57 kg/jam. Air umpan steam didapatkan dari alat *Waste Heat Boiler* dengan memanfaatkan aliran output dari reaktor yang menghasilkan panas yang cukup untuk membuat *steam*. Air yang digunakan untuk *boiler* harus memenuhi persyaratan agar air tidak merusak *boiler*. Berikut adalah persyaratan air umpan boiler menurut *Perry's* edisi 6, halaman 976:

**Tabel 5. 1** Air Umpan Boiler

| Parameter                                      | Total (ppm) |
|------------------------------------------------|-------------|
| Total padatan ( <i>total dissolved solid</i> ) | 3.500       |
| Alkanitas                                      | 700         |
| Padatan terlarut                               | 300         |
| Silika                                         | 60 – 100    |
| Besi                                           | 0,1         |
| Tembaga                                        | 0,5         |
| Oksigen                                        | 0,007       |
| Kesadahan                                      | 0           |
| Kekeruhan                                      | 175         |
| Minyak                                         | 7           |
| Residu fosfat                                  | 140         |

Berikut adalah prasyarat air umpan boiler :

a. Tidak membuih (berbusa)

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

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

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

b. Tidak membentuk kerak dalam boiler

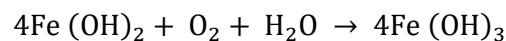
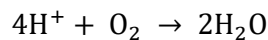
Kerak dalam *boiler* dapat menyebabkan hal - hal berikut:

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

c. Tidak menyebabkan korosi pada pipa

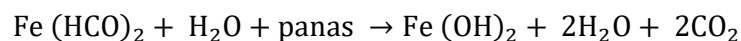
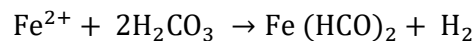
Korosi pada pipa disebabkan oleh pH rendah, minyak dan lemak, bikarbonat, dan bahan organik serta gas – gas  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ , yang terlarut dalam air. Reaksi elektro kimia antar besi dan air akan membentuk lapisan pelindung anti korosi pada permukaan baja.

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



Bikarbonat dalam air akan membentuk  $\text{CO}_2$  yang bereaksi dengan air karena pemanasan dan tekanan. Reaksi tersebut menghasilkan asam karbonat yang dapat bereaksi dengan metal dan besi membentuk garam bikarbonat. Adanya pemanasan garam bikarbonat menyebabkan pembentukan  $\text{CO}_2$  kembali.

Berikut adalah reaksi yang terjadi :



3. Air sanitasi

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

a. Syarat fisika, meliputi :

- 1) Suhu : Di bawah suhu udara
- 2) Warna : Jernih
- 3) Rasa : Tidak berasa
- 4) Bau : Tidak berbau

b. Syarat kimia, meliputi :

- 1) tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air.
- 2) tidak mengandung bakteri.

### 5.1.2. Unit pengolahan air

Tahapan - tahapan pengolahan air adalah sebagai berikut :

#### 1. Bak pengendapan awal

Bak pengendapan awal yaitu sebagai wadah tampungan awal dari sumber air yaitu sungai untuk memendapkan kotoran-kotoran kasar seperti pasir, lumpur, batu dan sampah organik lainnya.

#### 2. Bak pencampur cepat

Bak pencampur cepat yaitu sebagai bak yang digunakan untuk mencampur coagulan  $\text{Al}_2\text{SO}_4$  serta bahan-bahan lainnya untuk menurunkan kesadahan lime  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

#### 3. Clarifier

Kebutuhan air dalam suatu pabrik dapat diambil dari sumber air yang ada di sekitar pabrik dengan mengolah terlebih dahulu agar memenuhi syarat untuk digunakan. Pengolahan tersebut dapat meliputi pengolahan secara fisika dan kimia, penambahan *desinfektan* maupun dengan penggunaan *ion exchanger*.

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

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

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

#### 4. Penyaringan

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

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

## 5. Demineralisasi

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

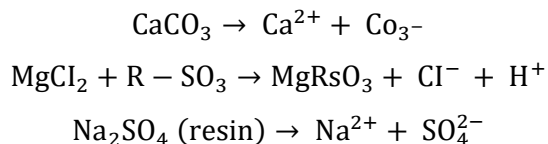
Adapun tahap-tahap proses pengolahan air untuk umpan ketel adalah sebagai berikut:

### a. Cation exchanger

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

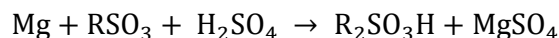
Sehingga air yang keluar dari cation tower adalah air yang mengandung anion dan ion  $H^+$ .

Reaksi :



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

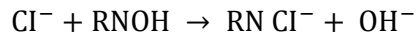
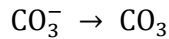
Reaksi :



### b. Anion Exchanger

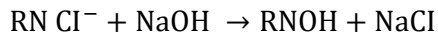
*Anion exchanger* berfungsi untuk mengikat ion-ion negatif (anion) yang terlarut dalam air, dengan resin yang bersifat basa, sehingga anion-anion seperti  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  dan  $\text{SO}_4^{2-}$  akan membantu garam resin tersebut.

Reaksi :



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

Reaksi :



i. Kebutuhan air

1. Kebutuhan air pembangkit steam

**Tabel 5. 2** Kebutuhan Steam

|                  |           |        |
|------------------|-----------|--------|
| Heat Exchanger 1 | 1.398,06  | Kg/jam |
| Heat Exchanger 2 | 480,15    | Kg/jam |
| vaporizer        | 1.613,08  | Kg/jam |
| reboiler MD 1    | 1.791,10  | Kg/jam |
| reboiler MD 2    | 8.087,29  | Kg/jam |
| total            | 13.369,68 | Kg/jam |

Air pembangkit *steam* 80% dimanfaatkan kembali, maka *make up* yang diperlukan 10%, sehingga *make up steam* sebesar 331.1366 kg/jam

2. Kebutuhan air proses

**Tabel 5. 3** Kebutuhan Air Proses

| Nama Alat         | Kode   | Jumlah (kg/jam) |
|-------------------|--------|-----------------|
| Waste Heat Boiler | WHB-01 | 2.035,84        |
| Condensor-01      | CD-01  | 71.105,37       |
| Condensor-02      | CD-02  | 316.076,57      |
| Cooler-01         | CI-01  | 468,23          |
| Cooler-02         | CI-02  | 20.758,83       |
| Total             |        | 410.444,84      |

Perancangan dibuat *over design* sebesar 20%, maka kebutuhan air proses sebesar 89.536,27 Kg//jam

3. Total kebutuhan air

a. Kebutuhan air domestik

Dianggap 1 orang membutuhkan air berkisar 200-300 liter/hari/orang

Jumlah karyawan = 140 orang.

Sehingga kebutuhan air karyawan yaitu sebesar 21.000 kg/jam.

Pabrik merencanakan mendirikan mess sebanyak 5 rumah dan perkiraan kebutuhan air untuk mess sebesar 375 kg/jam.

Sehingga kebutuhan air domestik yaitu sebesar 875 kg/jam

b. Kebutuhan service water

Perkiraan kebutuhan air untuk pemakaian layanan umum (service water) sebesar 1250 kg/jam

**Tabel 5. 4** Kebutuhan Air Service Water

| No    | Keperluan      | Jumlah (kg/jam) |
|-------|----------------|-----------------|
| 1     | Cooling tower  | 52.303,37       |
| 2     | Steam proses   | 1.118,64        |
| 3     | Domestik water | 875             |
| 4     | Service water  | 1,250           |
| total |                | 5.344.326       |

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

Unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan steam pada proses produksi yaitu dengan menyediakan ketel uap (boiler), dengan memanfaatkan panas yang keluar dari reaktor maka menggunakan alat *waste heat boiler* dengan spesifikasi :

Kapasitas : 13.774,74 kg/jam

Jenis : Kettle Reboiler Shell and Tube Heat Exchanger

Jumlah : 1 buah

Boiler tersebut dilengkapi oleh sebuah unit yaitu *economizer safety valve sistem*, bertujuan untuk pengamanan tekanan yang berlebih dengan bekerja secara otomatis. Air dari *water treatment plant* yang akan digunakan sebagai umpan boiler

terlebih dahulu diatur kadar silika, O<sub>2</sub>, Ca dan Mg yang mungkin masih terbawa dengan menambahkan bahan-bahan kimia kedalam *boiler feed water tank*. Selain itu juga perlu diatur pH nya yang berkisar 7,5 untuk menghindari fouling pada permukaan dinding boiler. Sebelum masuk boiler, umpan dimasukkan kedalam economizer, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran minyak residu yang keluar dari boiler. Didalam alat ini air dinaikan suhu nya hingga 150°C kemudian diumpankan kedalam boiler.

Didalam boiler, api yang keluar dari alat pembakaran bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa-pipa api. Gas sisa pembakaran ini masuk ke economizer sebelum dibuang melalui cerobong asap sehingga air didalam boiler menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa-pipa api maka air menjadi mendidih. Uap air yang terbentuk terkumpul sampai mencapai tekanan 10 bar kemudian dialirkan ke steam header untuk didistribusikan ke area-area proses yang dibutuhkan. Bilamana keadaan aliran semua sudah berfungsi dengan optimal, maka pembakaran bahan bakar akan dihentikan lalu memanfaatkan panas yg keluar dari hasil reaksi pada reaktor dan siklus berputar segimana mestinya dan bilamana berhenti karena adanya *maintenance* atau terjadinya kegagalan sistem kerja dari setiap proses yang ada.

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

Kebutuhan listrik diperoleh dari dua sumber yaitu perusahaan listrik negara (PLN) dan pembangkit listrik (*generator*). Generator berfungsi sebagai tenaga cadangan ketika PLN sedang terjadi gangguan. Generator menggunakan bahan bakar minyak bumi yang menghasilkan daya dan dikonversi menjadi daya listrik. Kemudian listrik tersebut didistribusikan menuju jalur panel-panel yang telah dirangkai sedemikian rupa dengan perangkat keamanannya. Energi listrik generator digunakan sebagai sumber cadangan ketika PLN sedang padam.

Berikut spesifikasi generator :

Kapasitas : 17.000 kW

Jenis : AC generator

Jumlah : 1 buah

**Tabel 5. 5** Kebutuhan listrik proses dan utilitas

| Alat          | Kode alat | Daya  |           |
|---------------|-----------|-------|-----------|
|               |           | Hp    | kW        |
| Pompa P01     | P-01      | 1     | 0.75      |
| Pompa P02     | P-02      | 0.5   | 0.37      |
| Pompa P03     | P-03      | 0.5   | 0.37      |
| Pompa P04     | P-04      | 0.5   | 0.37      |
| Pompa P05     | P-05      | 0.5   | 0.37      |
| Pompa P06     | P-06      | 2     | 1.49      |
| Pompa P07     | P-07      | 2     | 1.49      |
| PompaPU01     | PU-01     | 10    | 7.46      |
| Pompa PU-02   | PU-02     | 5     | 3.73      |
| Pompa PU-03   | PU-03     | 0.5   | 0.37      |
| Pompa PU-04   | PU-04     | 0.5   | 0.37      |
| Pompa PU-05   | PU-05     | 1     | 0.75      |
| Pompa PU-06   | PU-06     | 1     | 0.75      |
| Pompa PU-07   | PU-07     | 2     | 1.49      |
| Pompa PU-08   | PU-08     | 1.5   | 1.12      |
| Kompersor K-1 | K-1       | 15051 | 11223.71  |
| Kompresor KU  | KU        | 0.5   | 0.37      |
| fan           |           | 300   | 223.71    |
| pengaduk      |           | 0.5   | 0.37      |
| rake          |           | 1.5   | 1.12      |
| Total         |           |       | 11.953,02 |

Kebutuhan alat listrik lainnya :

Kebutuhan listrik alat kontrol dan penerangan adalah 5% dari kebutuhan listrik alat proses dan utilitas yaitu sebesar 583,53 kW

Kebutuhan listrik laboratorium, bengkel dan instrumentasi adalah 25% dari kebutuhan listrik alat proses dan utilitas yaitu sebesar 2.917,64 kW

Total kebutuhan listrik pabrik asam akrilat adalah sebesar 12.153,02 kW. Beban listrik dari generator adalah sebesar 9.336,44 kW dengan faktor daya 80%

#### **5.4. Unit Penyediaan Udara Tekan**

Udara tekan diperlukan untuk pemakaian alat *pneumatic control*. Total kebutuhan udara tekan diperkirakan 1 m<sup>3</sup>/jam.

#### **5.5. Unit penyediaan bahan bakar**

Bahan bakar digunakan untuk keperluan pembakaran pada boiler dan diesel untuk generator pembangkit listrik. Bahan bakar boiler menggunakan solar industri sebanyak 1,153.04 liter/jam untuk berjalan 8 jam sampai mencapai titik suhu steam yang optimal total kebutuhan bahan bakar sebesar 9,224.34 liter/jam. Bahan bakar diesel menggunakan solar sebanyak 3,570 liter/jam. Total keseluruhan bahan bakar sebesar 12,794.34 liter/jam.

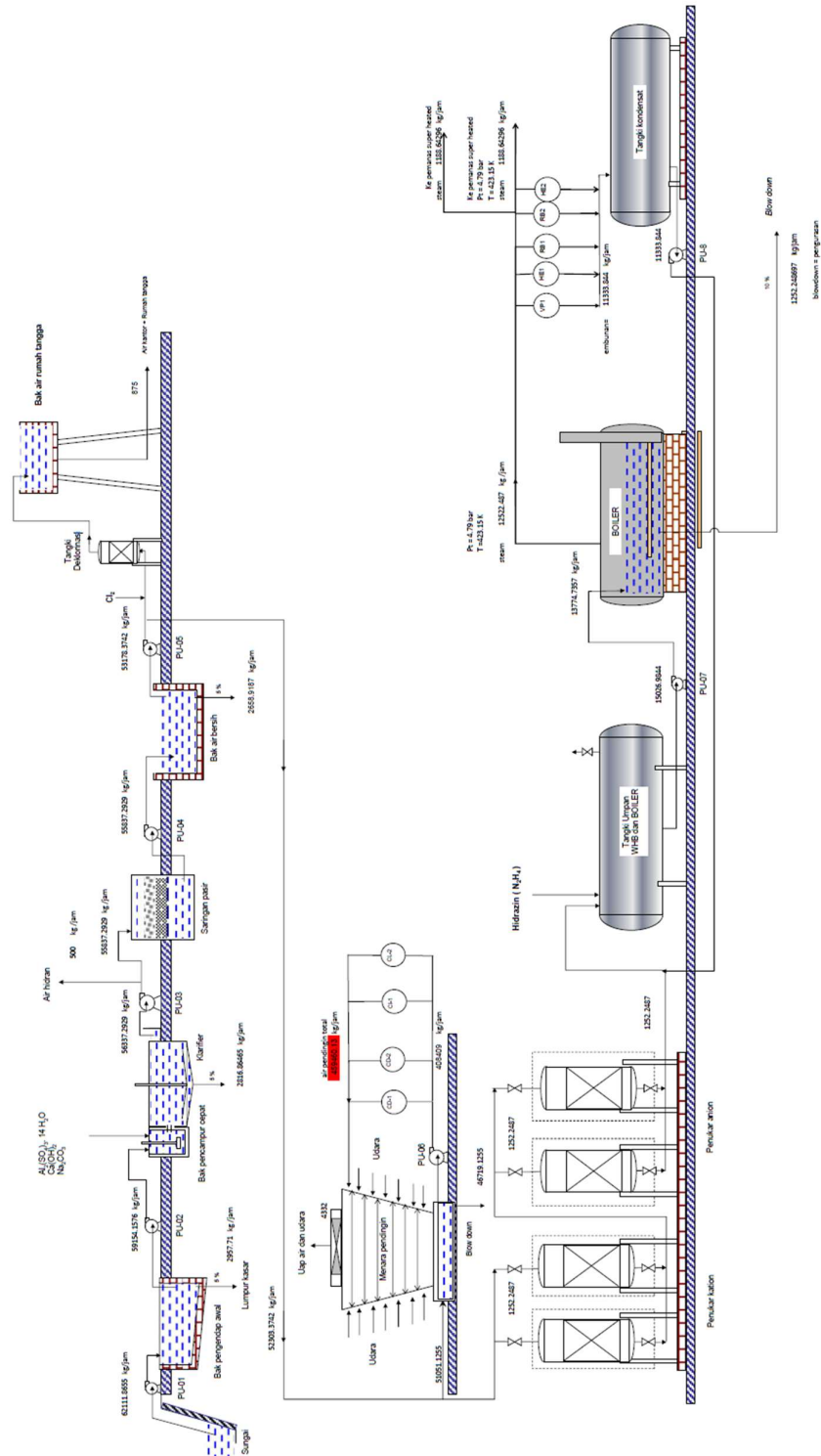
#### **5.6. Unit Pengolahan Limbah**

Limbah yang dihasilkan oleh pabrik asam akrilat adalah berupa limbah cair. Limbah ini berupa cairan yang terdiri dari campuran air dan pengotor-pengotor lainnya. Cairan tersebut mengandung senyawa propilen, asam asetat, CO<sub>2</sub> dan akrolein yang terlarut. Sebelum limbah cair aman dibuang ke lingkungan maka membutuhkan beberapa treatment. Berikut uraian yang digunakan :

- Pre-Treatment  
Adalah proses pengendapan menggunakan bak untuk menghilangkan padatan besar menggunakan gaya gravitasi.
- Treatment Pertama  
Adalah proses meningkatkannya kandungan oksigen dalam limbah cair yaitu menggunakan lumpur aktif organik yang dapat meningkatkan jumlah bakteri penguraian limbah organik dengan penambahan aerasi hingga nilai BOD, COD dan DO yang memenuhi standar operasi
- Treatment Kedua  
Dilakukan jika limbah cair memiliki pH tidak netral yaitu dilakukan proses penambahan senyawa kimia yang dapat menetralkan kandungan dan menyeimbangkan nilai pH pada air tersebut.
- Treatment Ketiga

Dilakukan untuk membunuh bakteri/mikroorganisme patogen yang terkandung dalam air limbah, desinfektasi patogen dilakukan dengan cara meninjeksikan  $\text{Cl}_2$  pada limbah cair agar aman ketika dilepas ke lingkungan. Pengawasan yang ketat pada setiap treatment limbah cair berupa pengujian berkala di lab yang sangat diperlukan agar limbah cair yang dilepaskan ke lingkungan aman dari setiap hal-hal yang berbahaya yang terbawa dari proses di pabrik.

### 5.6.1. Diagram Alir Air Utilitas



## **BAB VI**

### **EVALUASI EKONOMI**

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

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

Sebelum dilakukannya analisa terhadap kelima faktor yang diatas, maka perlu melakukan 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

- a. Biaya Tetap (*Fixed Cost*)
- b. Biaya Variabel (*Variable Cost*)
- c. Biaya Tak Pasti (*Regulated Cost*)

### 6.1. Penaksiran harga peralatan

Setiap tahunnya, harga-harga alat penunjang proses produksi pabrik selalu mengalami perubahan karena terpengaruhnya kondisi ekonomi. Harga peralatan proses produksi pada tahun rencana pendirian pabrik yaitu tahun 2029 ditentukan menggunakan index harga alat pada tahun tersebut. Index harga pada tahun analisa yaitu tahun 2024 dapat ditentukan menggunakan regresi linear terhadap index harga tahun sebelumnya, seperti ditunjukkan pada tabel

**Tabel 6. 1** Index Harga Alat

| No | (Xi) | Indeks (Yi) |
|----|------|-------------|
| 1  | 1987 | 323,8       |
| 2  | 1988 | 342,5       |
| 3  | 1989 | 355,4       |
| 4  | 1990 | 357,6       |
| 5  | 1991 | 361,3       |
| 6  | 1992 | 358,2       |
| 7  | 1993 | 359,2       |
| 8  | 1994 | 368,1       |
| 9  | 1995 | 381,1       |
| 10 | 1996 | 381,7       |
| 11 | 1997 | 386,5       |
| 12 | 1998 | 389,5       |
| 13 | 1999 | 390,6       |
| 14 | 2000 | 394,1       |
| 15 | 2001 | 394,3       |
| 16 | 2002 | 395,6       |
| 17 | 2003 | 402         |
| 18 | 2004 | 444,2       |
| 19 | 2005 | 468,2       |
| 20 | 2006 | 499,6       |
| 21 | 2007 | 525,4       |

**Tabel 6. 1** Index Harga Alat lanjutan

|    |      |       |
|----|------|-------|
| 22 | 2008 | 575,4 |
| 23 | 2009 | 521,9 |
| 24 | 2010 | 550,8 |
| 25 | 2011 | 585,7 |
| 26 | 2012 | 584,6 |
| 27 | 2013 | 567,3 |
| 28 | 2014 | 576,1 |
| 29 | 2015 | 556,8 |
| 30 | 2016 | 541,7 |
| 31 | 2017 | 507,5 |
| 32 | 2018 | 603,1 |
| 33 | 2019 | 607,5 |
| 34 | 2020 | 596,2 |
| 35 | 2021 | 776,3 |

www.chemengonline.com/pci

Berdasarkan harga diatas, diperoleh persamaan regresi linear :

$$Y = 9.8142x - 19198$$

Rencana pendirian pabrik asam akrilat dengan kapasitas 60.000 ton/tahun ini adalah tahun 2029. Dengan mengganti nilai x menjadi 2029 menggunakan persamaan diatas, maka diperoleh index harga pada tahun 2029(y) adalah 715  
Harga alat dan lainnya dihitung pada tahun evaluasi. Harga alat dan lainnya menggunakan referensi dari [www.matche.com](http://www.matche.com) dan buku Jennifer Lyons, Process Equipmennt Cost Estimation, 2002. Persamaan yang digunakan untuk menghitung harga alat pada tahun evaluasi yaitu :

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

(Sumber: Aries & Newton, 1955)

Keterangan :

|    |                                        |
|----|----------------------------------------|
| Ex | : Harga pembelian pada tahun x         |
| Ey | : Harga pembelian pada tahun referensi |
| Nx | : Index harga pada tahun pembelian     |
| Ny | : Index harga pada tahun referensi     |

## 6.2. Dasar perhitungan

**Tabel 6. 2** Dasar Perhitungan

|                                           |                    |
|-------------------------------------------|--------------------|
| Kapasitas produksi                        | : 60.000 ton/tahun |
| Satu tahun produksi                       | : 330 hari         |
| Umur pabrik                               | : 10 tahun         |
| Pabrik didirikan pada tahun               | : 2029             |
| Kurs mata uang                            | : 1 USD = Rp15.174 |
| Harga bahan baku (propilen)               | : Rp11.686/Kg      |
| Harga katalis ( <i>molybdenum oxide</i> ) | : \$2.25/Kg        |
| Harga jual                                |                    |
| Asam Akrilat                              | : Rp87.119/Kg      |
| Akrolein (produk samping)                 | : Rp43.560/Kg      |

## 6.3. Perhitungan biaya

### 6.3.1. *Capital Investment*

Capital investment adalah banyaknya pengeluaran-pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dan untuk pengoprasiaannya.

*Capital investment* terdiri dari :

a. *Fixed capital investment*

Adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik.

b. *Working capital investment*

Adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

### 6.3.2. *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*

Merupakan pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

b. *Indirect cost*

Merupakan pengeluaran-pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.

c. *Fixed cost*

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

### **6.3.3. General expenses**

*General expenses* atau pengeluaran umum meliputi pengeluaran-pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk *manufacturing cost*

## **6.4. Analisa Kelayakan**

Studi kelayakan pada pabrik asam akrilat ini dapat dilihat dari parameter-parameter pada aspek ekonominya. Pabrik ini dikategorikan sebagai pabrik dengan resiko rendah (*low risk*) dengan pertimbangan bahwa teknologi yang digunakan sudah ada sebelumnya dan sudah ada di Indonesia. Selain itu, suhu maksimum proses dalam pabrik ini berjalan pada suhu 280-350°C dan tekanan berkisar pada 11,5 bar. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan adalah :

### **6.4.1. Percentage Return on Investment (ROI)**

Digunakan sebagai sebuah pertimbangan penting karena ROI menunjukkan seberapa cepat pengembalian investasi berdasarkan pada keuntungan.

$$ROI = \frac{\text{keuntungan}}{\text{fixed capital}} \times 100\%$$

Keuntungan dihitung berdasarkan *annual sales* (Sa) dan *total manufacturing cost*. Keuangan akan dihitung sebagai komponen yang berisikan

pengembalian utang selama pembangunan pabrik. Mereka akan berkontribusi terhadap *cash flow* dari pabrik ini. Pabrik dengan resiko rendah mempunyai nilai minimum ROI *before tax* sebesar 11% sedangkan pabrik dengan resiko tinggi mempunyai nilai minimum ROI *before tax* sebesar 44%.

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

*Pay out time* (POT) merupakan :

- a. Jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya capital investment dengan keuntungan 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 beberapa 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.

$$POT = \frac{\text{fixed capital investment}}{(\text{profit} + \text{depresiasi})}$$

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

*Break even point* (BEP) merupakan :

- a. Titik impas produksi (suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan atau 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 mendapatkan keuntungan.
- c. Kapasitas produksi pada saat sales sama dengan total cost. Pabrik akan rugi jika beroperasi dibawah BEP dan akan untung jika beroperasi diatas BEP.

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

$$BEP = \frac{(Fa + 0.3 Ra)}{(Sa - Va - 0.7 Ra)} \times 100\%$$

Keterangan :

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

#### 6.4.4. Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR)

*Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFRR) merupakan :

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

Persamaan untuk menentukan DCFRR adalah :

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

Keterangan :

FC : *Fixed Capital Investment*

WC : *Working Capital*

SV : *Salvage Value*

C : *Cash Flow*

: *profit after taxes* + depresiasi+*finance*

n : umur pabrik = 10 tahun

I : nilai DCFRR

## 6.5. Hasil Perhitungan

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

**Tabel 6. 3** Physical Plant Cost

| No    | Jenis                              | Biaya (\$)    | Rupiah (Rp)         |
|-------|------------------------------------|---------------|---------------------|
| 1     | <i>Purchased Equipment Cost</i>    | \$72,108,900  | Rp1,094,180,448,600 |
| 2     | <i>Delivered Equipment Cost</i>    | \$1,442,178   | Rp21,883,609,000    |
| 3     | <i>Instalation Cost</i>            | \$3,010,953   | Rp45,688,203,000    |
| 4     | <i>Piping</i>                      | \$38,814,776  | Rp588,975,414,000   |
| 5     | <i>Instrumentation</i>             | \$282,275     | Rp4,283,235,000     |
| 6     | <i>Insulation</i>                  | \$470,456     | Rp7,138,692,000     |
| 7     | <i>Electricity</i>                 | \$108,163     | Rp1,641,271,000     |
| 8     | <i>Building</i>                    | \$2,478,351   | Rp37,606,500,000    |
| 9     | <i>Land &amp; Yard Improvement</i> | \$4,010,685   | Rp60,858,140,000    |
| Total |                                    | \$122,726,737 | Rp1,862,255,512,600 |

**Tabel 6. 4** Direct Plan Cost (DPC)

| No                | Type of Capital Investment | Harga (Rp)          | Harga (\$)    |
|-------------------|----------------------------|---------------------|---------------|
| 1                 | Teknik dan konstruksi      | Rp367,435,208,000   | \$20,652,296  |
| Total (DPC + PPC) |                            | Rp2,229,690,720,600 | \$143,379,033 |

**Tabel 6. 5** Fixed Capital Investment (FCI)

| No                             | Type of Capital Investment | Harga (Rp)          | Harga (\$)    |
|--------------------------------|----------------------------|---------------------|---------------|
| 1                              | Total DPC                  | Rp2,229,690,720,600 | Rp143,379,033 |
| 2                              | Contractor's fee           | Rp220,461,125,000   | \$12,391,378  |
| 3                              | Contingency                | Rp330,691,687,000   | \$18,587,066  |
| Fixed Capital Investment (FCI) |                            | Rp2,780,843,532,600 | \$174,357,477 |

*Total Production Cost*

*Manufacturing Cost*

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

| No                              | Type of Expense     | Harga (Rp)          | Harga (\$)    |
|---------------------------------|---------------------|---------------------|---------------|
| 1                               | Raw Material        | Rp2,042,431,397,000 | \$134,600,725 |
| 2                               | Labor               | Rp1,200,000,000     | \$79,083      |
| 3                               | Supervision         | Rp180,000,000       | \$11,862      |
| 4                               | Maintenance         | Rp28,935,523,000    | \$10,842,455  |
| 5                               | Plant Supplies      | Rp28,935,523,000    | \$1,626,368   |
| 6                               | Royalty and Patents | Rp63,589,298,000    | \$4,190,675   |
| 7                               | Utilities           | Rp204,329,660,000   | \$13,465,774  |
| Direct manufacturing Cost (DMC) |                     | Rp2,369,601,401,000 | \$164,816,942 |

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

| No                                       | <i>Type of Expense</i>        | Harga (Rp)        | Harga (\$)   |
|------------------------------------------|-------------------------------|-------------------|--------------|
| 1                                        | <i>Payroll Overhead</i>       | Rp240,000,000     | \$15,817     |
| 2                                        | <i>Laboratory</i>             | Rp240,000,000     | \$15,817     |
| 3                                        | <i>Plant Overhead</i>         | Rp120,000,000     | \$7,908      |
| 4                                        | <i>Packaging and Shipping</i> | Rp635,892,978,000 | \$41,906,747 |
| <i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i> |                               | Rp644,370,304,000 | \$42,465,421 |

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

| No                                    | <i>Type of Expense</i> | Harga (Rp)        | Harga (\$)   |
|---------------------------------------|------------------------|-------------------|--------------|
| 1                                     | <i>Depreciation</i>    | Rp275,576,406,000 | \$18,161,092 |
| 2                                     | <i>Property taxes</i>  | Rp51,060,986,000  | \$3,365,031  |
| 3                                     | <i>Insurance</i>       | Rp27,557,641,000  | \$1,816,109  |
| <i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i> |                        | Rp354,195,033,000 | \$23,342,232 |

**Tabel 6. 9** Manufacturing Cost (MC)

| No                             | <i>Type of Expense</i>                   | Harga (Rp)          | Harga (\$)    |
|--------------------------------|------------------------------------------|---------------------|---------------|
| 1                              | <i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>   | Rp2,369,601,401,000 | \$164,816,942 |
| 2                              | <i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i> | Rp644,370,304,000   | \$42,465,421  |
| 3                              | <i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>    | Rp354,195,033,000   | \$23,342,232  |
| <i>Manufacturing Cost (MC)</i> |                                          | Rp3,368,166,738,000 | \$230,624,596 |

**Tabel 6. 10** Working Capital (WC)

| No                          | <i>Type of Expense</i>        | Harga (Rp)          | Harga (\$)   |
|-----------------------------|-------------------------------|---------------------|--------------|
| 1                           | <i>Raw Material Inventory</i> | Rp170,202,616,000   | \$11,216,727 |
| 2                           | <i>In Process Inventory</i>   | Rp5,103,283,000     | \$336,318    |
| 3                           | <i>Product Inventory</i>      | Rp280,680,562,000   | \$18,497,467 |
| 4                           | <i>Extended Credit</i>        | Rp561,361,123,000   | \$36,994,934 |
| 5                           | <i>Available Cash</i>         | Rp280,680,562,000   | \$18,497,467 |
| <i>Working Capital (WC)</i> |                               | Rp1,298,028,146,000 | \$85,542,912 |

**Tabel 6. 11** General Expense (GE)

| No                          | <i>Type of Expense</i> | Harga (Rp)        | Harga (\$)   |
|-----------------------------|------------------------|-------------------|--------------|
| 1                           | <i>Administration</i>  | Rp317,946,489,000 | \$20,953,373 |
| 2                           | <i>Sales expense</i>   | Rp127,178,596,000 | \$8,381,349  |
| 3                           | <i>Research</i>        | Rp158,973,244,000 | \$10,476,687 |
| 4                           | <i>Finance</i>         | Rp283,765,454,000 | \$18,700,768 |
| <i>General Expense (GE)</i> |                        | Rp887,863,783,000 | \$58,512,178 |

**Tabel 6. 12** Total Production Cost (TPC)

| No                                 | <i>Type of Expense</i>         | Harga (Rp)          | Harga (\$)    |
|------------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------|
| 1                                  | <i>Manufacturing Cost (MC)</i> | Rp3,368,166,738,000 | \$230,624,596 |
| 2                                  | <i>General Expense (GE)</i>    | Rp887,863,783,000   | \$58,512,178  |
| <i>Total Production Cost (TPC)</i> |                                | Rp4,256,030,521,000 | \$289,136,773 |

**Tabel 6. 13** Fixed Cost (Fa)

| No | <i>Type of Expense</i> | Harga (Rp)        | Harga (\$)   |
|----|------------------------|-------------------|--------------|
| 1  | <i>Depreciation</i>    | Rp275,576,406,000 | \$18,161,092 |

**Tabel 6. 13** Fixed Cost (Fa) lanjutan

| No                     | <i>Type of Expense</i> | Harga (Rp)        | Harga (\$)   |
|------------------------|------------------------|-------------------|--------------|
| 2                      | <i>Property taxes</i>  | Rp395,038,189,000 | \$26,033,886 |
| 3                      | <i>Insurance</i>       | Rp27,557,641,000  | \$1,816,109  |
| <i>Fixed Cost (Fa)</i> |                        | Rp698,172,236,000 | \$46,011,087 |

**Tabel 6. 14** Variable Cost (Ra)

| No                        | <i>Type of Expense</i>          | Harga (Rp)          | Harga (\$)    |
|---------------------------|---------------------------------|---------------------|---------------|
| 1                         | <i>Raw material</i>             | Rp2,042,431,397,000 | \$134,600,725 |
| 2                         | <i>Packaging &amp; shipping</i> | Rp635,892,978,000   | \$41,906,747  |
| 3                         | <i>Utilities</i>                | Rp204,329,660,000   | \$13,465,774  |
| 4                         | <i>Royalties and Patents</i>    | Rp7,877,326,000     | \$519,133     |
| <i>Variable Cost (Ra)</i> |                                 | Rp2,954,120,659,000 | \$194,683,054 |

**Tabel 6. 15** Regulated Cost (Ra)

| No                         | <i>Type of Expense</i>  | Harga (Rp)          | Harga (\$)   |
|----------------------------|-------------------------|---------------------|--------------|
| 1                          | <i>Labor cost</i>       | Rp1,200,000,000     | \$79,083     |
| 2                          | <i>Payroll overhead</i> | Rp120,000,000       | \$7,908      |
| 3                          | <i>Plant overhead</i>   | Rp240,000,000       | \$15,817     |
| 4                          | <i>Supervision</i>      | Rp180,000,000       | \$11,862     |
| 5                          | <i>Laboratory</i>       | Rp240,000,000       | \$15,817     |
| 6                          | <i>General Expenses</i> | Rp887,863,783,000   | \$58,512,178 |
| 7                          | <i>Maintenance Tool</i> | Rp192,903,484,000   | \$12,712,764 |
| 8                          | <i>Tool Supplies</i>    | Rp28,935,523,000    | \$1,906,915  |
| <i>Regulated Cost (Ra)</i> |                         | Rp1,111,682,790,000 | \$73,262,343 |

### 6.5.1. Analisa keuntungan

**Tabel 6. 16** Analisa Keuntungan

|                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| Hasil Penjualan          | : Rp6,354,243,661,000.00 |
| Biaya Produksi           | : Rp4,832,181,549,000.00 |
| Keuntungan Sebelum Pajak | : Rp1,522,062,112,000.00 |
| Pajak Pendapatan         | : Rp380,515,528,000.00   |
| Keuntungan Setelah Pajak | : Rp1,141,546,584,000.00 |

### 6.5.2. Hasil Kelayakan Ekonomi

$$ROI = \frac{\text{keuntungan}}{\text{fixed Capital}} \times 100\%$$

ROI sebelum pajak = 30%

ROI sesudah pajak = 22%

### 6.5.3. Pay Out Time (POT)

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

POT sebelum pajak 2,5

POT sesudah pajak 3

### 6.5.4. Break Event Point (BEV)

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

BEP 43%

### 6.5.5. Shut Down Point (SDP)

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

SDP 17,32%

### 6.5.6. Discounted Cash Flow of Return (DCFR)

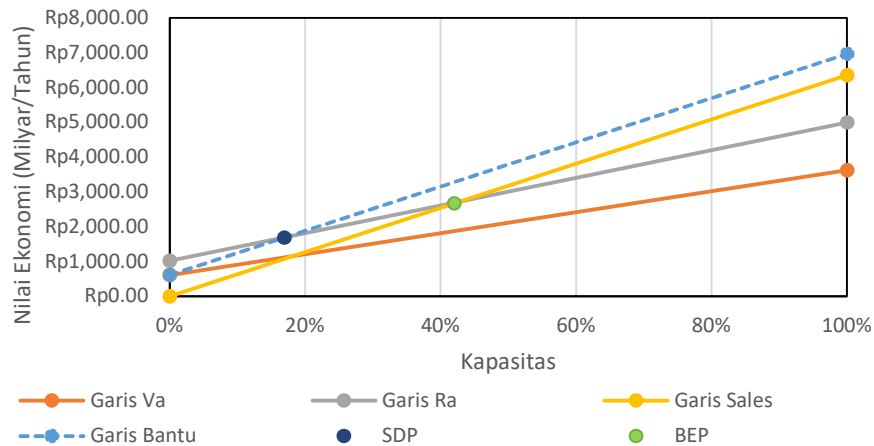
|                          |                                        |
|--------------------------|----------------------------------------|
| Umur pabrik              | : 10 tahun                             |
| Fixed Capital Investment | : Rp5,098,408,546,000.000              |
| Working Capital          | : Rp1,470,112,503,000.00               |
| Salvage Value            | : Rp98,464,640,000.00                  |
| Cash Flow                | = <i>Annual + Depresiasi + Finance</i> |

Discounted cash flow dihitung secara trial & error

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

R = S

Dengan trial & error diperoleh nilai  $i = 29\%$



**Gambar 6. 1** Grafik Penentuan BEP dan SDP Secara Grafis

## BAB VII

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 7.1. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan analisa prarancangan pabrik asam akrilat dari propilen dan udara dengan kapasitas 60.000 ton/tahun, terdapat beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut :

1. Pabrik Asam Akrilat didirikan dengan kapasitas 60.000 ton/tahun bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan *intermediate* yang digunakan sebagai bahan penunjang produksi (bahan dasar) sehingga akan mengurangi ketergantungan impor, meningkatkan laju pertumbuhan ekonomi di Indonesia serta menciptakan lapangan pekerjaan.
2. Luas lahan pabrik untuk mendirikan pabrik Asam Akrilat dari propilen dan Udara sebesar 44.422 m<sup>2</sup>
3. Berdasarkan hasil evaluasi ekonomi pabrik Silika Bubuk dari Sekam Padi didapatkan :

Keuntungan sebelum pajak sebesar Rp1,522,062,112,000.00

Keuntungan setelah pajak sebesar Rp1,141,546,584,000.00

- a. Return of Investment (ROI) persentase sebelum pajak sebesar 30% dan setelah pajak sebesar 22%. Nilai tersebut masih tergolong masuk ke kriteria resiko tinggi.
- b. *Pay Out Time* (POT) persentase sebelum pajak sebesar 2,5 tahun dan setelah pajak sebesar 3 tahun. Nilai tersebut masih tergolong masuk ke kriteria resiko tinggi.
- c. *Break Event Point* (BEP) yang diperoleh sebesar 43%, umumnya berkisar diantara 40-60%.
- d. *Shut Down Point* (SDP) yang diperoleh sebesar 17,32%, nilai tersebut masih tergolong memenuhi diantara 20-30%.
- e. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFR) yang diperoleh sebesar 29%, suku bunga saat ini pada tahun 2024 sebesar 9.38%, maka syarat minimum DCFR lebih besar 1.5 dari suku bunga pinjaman di bank.

4. Hasil dari keseluruhan tinjauan yg dilakukan mulai dari tersedianya bahan baku, kondisi proses operasi dan hasil evaluasi ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik Asam Akrilat dari Propilen dan Udara dengan kapasitas 60.000 ton/tahun layak di pertimbangkan untuk pembangunannya di Indonesia.

## **7.2. Saran**

Perancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pabrik untuk didirikan dinataranya sebagai berikut:

1. Berkembangnya pengolahan limbah hasil pabrik kimia dengan berbagai metode sehingga limbah yang dibuang lebih ramah terhadap lingkungan.
2. Produk Asam Akrilat dapat direalisasikan untuk memenuhi kebutuhan yang semakin meningkat akan permintaan pasar dunia.
3. Optimasi pemilihan alat proses dan bahan baku dapat mengoptimalkan keuntungan yang didapatkan.

## Daftar Pustaka

- Aries, R.S., and Newton, R.D., 1955, *Chemical Engineering Cost Estimation*, McGraw Hill Handbook Co., Inc., New York
- Brown, G.G., Donal Katz, Foust, A.S., and Schneidewind, R., 1978, Unit Operation, Modern Asia Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York
- Brownell, L.E., and Young, E.H., 1959, Process Equipment Design, John Wiley and Sons, Inc., New York
- Coulson, J.M., and Richardson, J.F., 1983, Chemical Engineering, Vol 1 \$ 6, Pergamon Internasional Library, New York
- D.R. Kiran., Production Planning and Control, 2019 Butterworth-Heinemann Publications., United Kingdom.
- Holman, J.P., 1981, Heat Transfer, McGraw Hill Book Co., Inc., New York
- Kern, D.Q., 1983, Process Heat Transfer, McGraw Hill Book Co., Inc., New York
- Kurland, J.J. and D.B. Bryant, "Shipboard Polymerization of Acrylic Acid," Plant Operations Progress, 6, 4, 203-207 (1987).
- Kirk Othmer, 1985, Encyclopedia of Chemical Technology, 5th Edition
- McCabe, Smith, J.C., and Harriot, 1985, Unit Operation of Chemical Engineering, 4th ed., McGraw Hill Book Co., Inc., New York
- Perry, R.H., and Green, D.W., 1986, Perry's Chemical Engineer's Handbook, 6th ed., McGraw Hill Book Co., Inc., New York
- Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D., 1990, Plant Design and Economics for Chemical Engineers, 3rd ed., McGraw Hill Book Co., Inc., New York
- Peters, M.S., Klaus D. Timmerhaus and Ronald E. West., 2004, Plant Design and Economics for Chemical Engineer, 5th Ed., McGraw-Hill., Singapore
- Rase, H.F., and Barrow, H.W., 1957, Project Engineering of Process Plant., John Wiley and Sons., Inc., New York
- Smith, J.M., Ness, Van H.C., Abbott, M.M., 2001, Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 6th Ed., McGraw-Hill Inc., Singapore.
- Sinnott, "Chemical Engineering Design Principles, Practice and Economics, of plant and process design / Gavin Towler, Ray Sinnott. – 2nd ed. p. cm.

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

Towler, G., Ray Sinnott, " CHEMICAL ENGINEERING DESIGN" Butterworth Heinemann Elsevier, London

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

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

Biro Pusat Statistik (BPS)

<https://www.bps.go.id/> , diakses pada tanggal 17 Maret 2024

Kapasitas Produksi Asam Akrilat PT Nippon Shoukubai

<https://www.shokubai.co.jp/en/> , diakses pada tanggal 18 Maret 2024

Process Equipment Cost Estimates,

<https://www.matche.com/> , diakses pada tanggal 19 September 2024

*Chemical Engineering Plant Cost Index*

<https://www.chemengonline.com/economic-indicators-cepci/?printmode=1> ,  
diakses pada tanggal 19 September

harga bahan baku dan Produk

<https://www.sigmaaldrich.com/> , diakses pada tanggal 5 April 2024

Data konsumsi asam akrilat di indonesia

<https://www.linkedin.com/pulse/indonesian-acrylic-acid-market-reach-111-k-tons-2023-petar-reshovski> , diakses pada tanggal 20 Maret 2024

physical and chemical properties

<http://www.sciencelab.com/> , diakses pada tanggal 20 April 2024

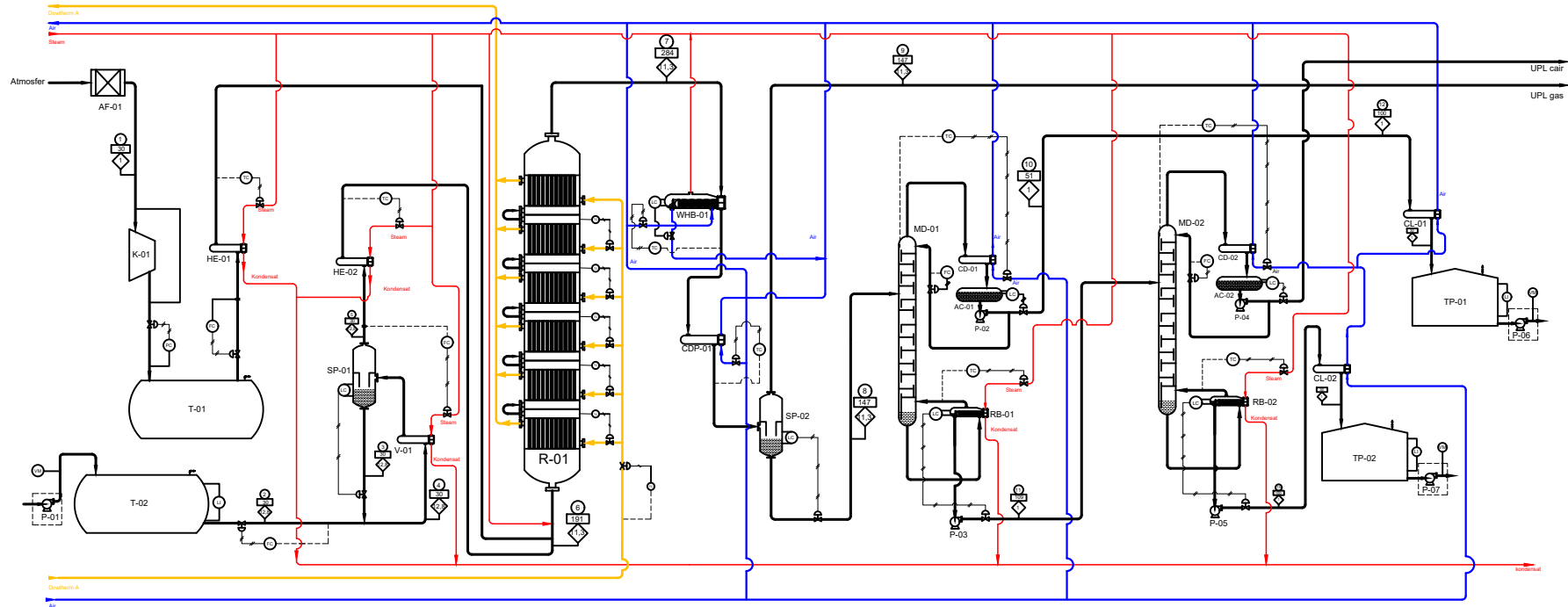
Kapasitas Produksi asam akrilat PT Chandra Asri

<http://www.chandra-asri.com/> , diakses pada tanggal 19 Maret 2024

# PROCESS FLOW DIAGRAM

## PRARANCANGAN PABRIK ASAM AKRILAT DARI PROPILEN DAN UDARA

### KAPASITAS : 60.000 ton/tahun



| KOMPONEN                                     | 1         | 2        | 3        | 4        | 5        | 6         | 7         | 8        | 9         | 10       | 11       | 12       | 13       |
|----------------------------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| N <sub>2</sub>                               | 53.628,09 |          |          |          |          | 53.628,09 | 53.628,09 | 416.163  | 53.628,09 |          |          |          |          |
| O <sub>2</sub>                               | 16.292,08 |          |          |          |          | 16.292,08 | 9.331,64  | 416.164  | 9.331,64  |          |          |          |          |
| CO <sub>2</sub>                              |           |          |          |          |          | 0         | 25,51     | 416.165  | 25,51     |          |          |          |          |
| C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>                |           | 7.837,77 | 1.959,44 | 9.797,21 | 7.837,76 | 7.837,77  | 940,34    | 416.166  | 940,34    |          |          |          |          |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>                |           | 7,85     | 1,96     | 9,81     | 7,84     | 7,85      | 0         | 416.167  | 0         |          |          |          |          |
| H <sub>2</sub> O                             |           |          |          |          |          | 1.188,64  | 4.157,13  | 4.156,75 | 3,7       | 49,96    | 4.115,19 | 41,57    | 4.074,03 |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O              |           |          |          |          |          | 0         | 3.295,96  | 3.294,96 | 1         | 3.920,3  | 32,95    | 3.262,01 | 32,95    |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> |           |          |          |          |          | 0         | 7.575,76  | 7.575,58 | 1,8       | 0,1      | 7.575,58 | 0,1      | 75,76    |
| TOTAL                                        | 69.920,17 | 7.845,61 | 1.961,4  | 9.807,02 | 7.845,61 | 78.954,43 | 78.954,43 | 15.027,3 | 63.927,13 | 3.970,26 | 11.723,7 | 3.303,59 | 4.182,74 |

| Keterangan |                    |
|------------|--------------------|
| AC         | Accumulator        |
| AF         | Air Filter         |
| CD         | Compressor         |
| CDP        | Compressor Partial |
| CL         | Condenser          |
| HE         | Heat Exchanger     |
| K          | Kompresor          |
| M          | Memori Dikawatir   |
| P          | Pompa              |
| R          | Reaktor            |
| RB         | Reboiler           |
| SP         | Separator          |
| T          | Tangki             |
| TP         | Tangki Pemrosesan  |
| WB         | Waste Heat Boiler  |

| Singkatan |                     |
|-----------|---------------------|
| FC        | Flow Control        |
| LC        | Level Control       |
| LD        | Level Indicator     |
| PC        | Pressure Control    |
| TC        | Temperature Control |
| VM        | Volume Meter        |

| SIMBOL |              |
|--------|--------------|
| ○      | Nomor arus   |
| □      | Suhu, °C     |
| ◇      | Tekanan, atm |
| —      | Pipa         |
| —      | Udara tekan  |
| —      | Listrik      |
| —      | Air          |
| —      | Dowtherm A   |
| —      | Steam        |



PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA

---

**PROCESS FLOW DIAGRAM**  
PRARANCANGAN PABRIK ASAM AKRILAT DARI PROPILEN DAN UDARA  
KAPASITAS PRODUKSI : 60.000 TON/TAHUN

|                       |                    |
|-----------------------|--------------------|
| Dikerjakan Oleh :     | No Induk Mahasiswa |
| NAMA : FADHILAH SIDIQ | 20521093           |

PEMBIMBING : Dr. KHAMIDAN CAHYARI S.T., M.Sc.