

**PRA RANCANGAN PABRIK KARET ALAM SIKLIS  
DARI LATEKS DENGAN KAPASITAS  
70.000 TON/TAHUN**

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



**Oleh :**

**Nama : Sifa Amelia Rahayu      Nama : Putri Dwi Setyaningsih**

**No. Mahasiswa : 20521092      No. Mahasiswa : 20521189**

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

**2024**

**LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL**  
**PRA RANCANGAN PABRIK KARET ALAM SIKLIS**  
**DARI LATEKS DENGAN KAPASITAS**  
**70.000 TON/TAHUN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

**Nama** : Sifa Amelia Rahayu      **Nama** : Putri Dwi Setyaningsih  
**No. Mahasiswa** : 20521092      **No. Mahasiswa** : 20521189

Yogyakarta, 20 Juni 2024

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

Td. Tangan



Sifa Amelia Rahayu

Td. Tangan



Putri Dwi Setyaningsih

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**  
**PRA RANCANGAN PABRIK KARET ALAM SIKLIS**  
**DARI LATEKAS DENGAN KAPASITAS**  
**70.000 TON/TAHUN**

Oleh :

**Nama : Sifa Amelia Rahayu      Nama : Putri Dwi Setyaningsih**

**No. Mahasiswa : 20521092      No. Mahasiswa : 20521189**

**Yogyakarta, 9 Juli 2024**

**Pembimbing**



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

**NIP. 105210101**

# LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

## PRA RANCANGAN PABRIK KARET ALAM SIKLIS DARI LATEKAS DENGAN KAPASITAS 70.000 TON/TAHUN

Oleh :

Nama : Sifa Amelia Rahayu  
NIM : 20521092

Nama : Putri Dwi Setyaningsih  
NIM : 20521189

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, 05 Agustus 2024**

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



Dr. Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng.  
Penguji 1



Muflih Arisa Adnan, S.T., M.Sc., Ph.D.  
Penguji 2



Mengetahui :

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



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

NIP. 995200445

## PRAKATA

*Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya. Tak lupa, Shalawat dan Salam kami panjatkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan pengikutnya hingga akhir zaman.

Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik yang berjudul **“Pra Rancangan Pabrik Karet Alam Siklis dari Lateks Kapasitas 70.000 Ton/Tahun”** merupakan Tugas Akhir dari studi Teknik Kimia dalam penerapannya pada ilmu keteknikan yang telah didapatkan selama masa studi dan merupakan syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia. Penulisan Tugas Akhir ini tentunya dapat berjalan dengan baik dan lancar atas bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan kali ini kami ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kelancaran, kemudahan dan petunjuk dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak dan Ibu kedua orang tua kami, yang telah banyak memberikan doa, dukungan dan motivasi tiada henti.
3. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

5. Ibu Dr. Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, terima kasih banyak telah memberikan pengarahan, bimbingan, serta dukungan dalam penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh civitas akademika di lingkungan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
7. Teman-teman Teknik Kimia 2020 yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan doa.
8. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu yang telah membantu penyusunan Tugas Akhir ini.

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, oleh sebab itu kami mengharapkan kritik dan saran atau masukan untuk menyempurnakan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penyusun dan pembaca pada umumnya. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak. Aamiin.

*Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Yogyakarta, 20 Juni 2024

Penyusun

## DAFTAR ISI

|                                        |      |
|----------------------------------------|------|
| LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL ..... | i    |
| LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....     | ii   |
| LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....         | iii  |
| PRAKATA.....                           | iv   |
| DAFTAR TABEL .....                     | xi   |
| DAFTAR GAMBAR .....                    | xv   |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                  | xvi  |
| DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN.....   | xvii |
| ABSTRAK .....                          | xx   |
| BAB I    PENDAHULUAN.....              | 1    |
| 1.1 Latar Belakang .....               | 1    |
| 1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik .....   | 3    |
| 1.2.1 <i>Supply</i> .....              | 4    |
| 1.2.2 <i>Demand</i> .....              | 7    |
| 1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku .....    | 12   |
| 1.3 Tinjauan Pustaka .....             | 14   |
| 1.3.1 Lateks Karet Alam.....           | 14   |
| 1.3.2 Modifikasi Karet Alam.....       | 15   |
| 1.3.3 Karet Alam Siklis .....          | 16   |
| 1.3.4 Proses Siklisasi.....            | 18   |
| 1.3.5 Kegunaan Produk .....            | 19   |

|                                                                   |           |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1.3.6 Pemilihan Teknologi Proses Pembuatan Karet Alam Siklis..... | 20        |
| 1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika .....                     | 29        |
| <b>BAB II PERANCANGAN PRODUK .....</b>                            | <b>35</b> |
| 2.1 Spesifikasi Produk .....                                      | 35        |
| 2.1.1 Sifat Fisis Produk .....                                    | 35        |
| 2.1.2 Sifat Kimia Produk.....                                     | 35        |
| 2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung .....              | 36        |
| 2.2.1 Bahan Baku .....                                            | 36        |
| 2.2.2 Bahan Pendukung .....                                       | 37        |
| 2.3 Pengendalian Kualitas.....                                    | 43        |
| 2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku .....                      | 44        |
| 2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses .....                          | 44        |
| 2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk .....                          | 46        |
| <b>BAB III PERANCANGAN PROSES.....</b>                            | <b>47</b> |
| 3.1 Diagram Alir Proses dan Material.....                         | 47        |
| 3.2 Uraian Proses .....                                           | 49        |
| 3.3 Spesifikasi Alat .....                                        | 52        |
| 3.3.1 Spesifikasi Alat Pemisah.....                               | 52        |
| 3.3.2 Spesifikasi Alat Pendukung .....                            | 55        |
| 3.3.3 Spesifikasi Reaktor.....                                    | 62        |
| 3.3.4 Spesifikasi Alat Penyimpanan.....                           | 65        |
| 3.3.5 Spesifikasi Alat Transport Bahan.....                       | 69        |
| 3.3.6 Spesifikasi Alat Transfer Panas .....                       | 80        |

|                                                                  |            |
|------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.4 Neraca Massa .....                                           | 87         |
| 3.4.1 Neraca Massa Total .....                                   | 87         |
| 3.4.2 Neraca Massa Alat.....                                     | 89         |
| 3.5 Neraca Panas .....                                           | 97         |
| 3.5.1 <i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> (RDVF-01) .....           | 97         |
| 3.5.2 <i>Mixer</i> (M-01).....                                   | 98         |
| 3.5.3 Reaktor Siklisasi (R-02) .....                             | 98         |
| 3.5.4 <i>Netralizer</i> (N-01).....                              | 98         |
| 3.5.5 <i>Spray Dryer</i> (SD-01).....                            | 99         |
| 3.5.6 <i>Heat Exchanger</i> (HE-01) .....                        | 99         |
| 3.5.7 <i>Heat Exchanger</i> (HE-02) .....                        | 99         |
| 3.5.8 <i>Heat Exchanger</i> (HE-03) .....                        | 100        |
| 3.5.9 <i>Cooler</i> (CL-01) .....                                | 100        |
| <b>BAB IV PERANCANGAN PABRIK .....</b>                           | <b>101</b> |
| 4.1 Lokasi Pabrik .....                                          | 101        |
| 4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik .....                | 102        |
| 4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik .....              | 105        |
| 4.2 Tata Letak Pabrik ( <i>Plant Layout</i> ).....               | 106        |
| 4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses ( <i>Machines Layout</i> )..... | 111        |
| 4.4 Organisasi Perusahaan .....                                  | 113        |
| 4.4.1 Bentuk Perusahaan .....                                    | 113        |
| 4.4.2 Struktur Perusahaan .....                                  | 115        |
| 4.4.3 Tugas dan Wewenang.....                                    | 119        |

|                                                  |            |
|--------------------------------------------------|------------|
| 4.4.4 Status Karyawan dan Sistem Upah .....      | 126        |
| 4.4.5 Pembagian Jadwal dan Jam Kerja.....        | 127        |
| 4.4.6 Penggolongan Jabatan dan Sistem Gaji ..... | 130        |
| 4.4.7 Kesejahteraan Karyawan.....                | 141        |
| <b>BAB V UTILITAS.....</b>                       | <b>145</b> |
| 5.1 Unit Penyediaan dan Pengelolaan Air.....     | 146        |
| 5.1.1 Unit Penyediaan Air .....                  | 146        |
| 5.1.2 Unit Pengolahan Air.....                   | 152        |
| 5.2 Unit Pembangkit <i>Steam</i> .....           | 158        |
| 5.3 Unit Pembangkit Listrik.....                 | 159        |
| 5.4 Unit Penyedia Udara Tekan .....              | 163        |
| 5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar .....              | 163        |
| 5.6 Unit Pengolahan Limbah .....                 | 164        |
| 5.7 Spesifikasi Alat Utilitas.....               | 167        |
| 5.8 Diagram Unit Pengolahan Air.....             | 190        |
| <b>BAB VI EVALUASI EKONOMI .....</b>             | <b>191</b> |
| 6.1 Penaksiran Harga Alat.....                   | 195        |
| 6.2 Dasar Perhitungan .....                      | 202        |
| 6.3 Perhitungan Biaya .....                      | 202        |
| 6.3.1 <i>Capital Investment</i> .....            | 202        |
| 6.3.2 <i>Manufacturing Cost</i> .....            | 204        |
| 6.3.3 <i>General Expense</i> .....               | 206        |
| 6.4 Analisis Risiko Pabrik.....                  | 209        |

|                                           |            |
|-------------------------------------------|------------|
| 6.5 Analisis Kelayakan.....               | 212        |
| <b>BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN .....</b> | <b>221</b> |
| 7.1 Kesimpulan .....                      | 221        |
| 7.2 Saran .....                           | 223        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                | <b>224</b> |

## DAFTAR TABEL

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 1.1 Produksi Cat di Indonesia Tahun 2018-2022 .....       | 4  |
| Tabel 1. 2 Impor Cat di Indonesia Tahun 2018-2022.....          | 6  |
| Tabel 1. 3 Konsumsi Cat di Indonesia Tahun 2018-2022 .....      | 8  |
| Tabel 1. 4 Ekspor Cat di Indonesia Tahun 2018-2022 .....        | 9  |
| Tabel 1. 5 Produksi Lateks di Indonesia Tahun 2017-2021 .....   | 12 |
| Tabel 1. 6 Kapasitas Produksi Pabrik Cat di Indonesia .....     | 13 |
| Tabel 1. 7 Spesifikasi Sifat Karet Alam Siklis .....            | 20 |
| Tabel 1.8 Perbandingan Proses Pembuatan Karet Alam Siklis ..... | 25 |
| Tabel 1.9 Perbedaan Nilai Tambah Jenis Lateks .....             | 26 |
| Tabel 1.10 Perbedaan Hasil Proses Jenis Lateks.....             | 26 |
| Tabel 1.11 Sifat Teknis Lateks DPNR.....                        | 27 |
| Tabel 1.12 Sifat fisika vulkanisat lateks DPNR .....            | 28 |
| Tabel 1.13 Data Kinetika Siklisasi .....                        | 31 |
| Tabel 2. 1 Sifat Fisis Produk .....                             | 35 |
| Tabel 2. 2 Sifat fisis lateks .....                             | 36 |
| Tabel 2. 3 Sifat fisis asam sulfat.....                         | 37 |
| Tabel 2. 4 Sifat Fisis Surfaktan .....                          | 38 |
| Tabel 2. 5 Sifat Fisis <i>Protease</i> .....                    | 39 |
| Tabel 2. 6 Sifat Fisis Air.....                                 | 39 |
| Tabel 2. 7 Sifat Fisis Ammonium Hydroxide.....                  | 41 |
| Tabel 2. 8 Sifat Fisis Asam Format .....                        | 42 |
| Tabel 3. 1 Diagram alir kualitatif .....                        | 47 |
| Tabel 3. 2 Diagram alir kuantitatif .....                       | 48 |

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 3. 3 Spesifikasi Tangki Penyimpanan.....                           | 65 |
| Tabel 3. 4 Spesifikasi Pompa .....                                       | 69 |
| Tabel 3. 5 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> .....                       | 76 |
| Tabel 3. 6 Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> .....                      | 78 |
| Tabel 3. 7 Spesifikasi <i>Compressor</i> .....                           | 79 |
| Tabel 3. 8 Spesifikasi <i>Heater</i> .....                               | 80 |
| Tabel 3. 9 Spesifikasi <i>Cooler</i> .....                               | 84 |
| Tabel 3. 10 Neraca Massa Total .....                                     | 87 |
| Tabel 3. 11 Neraca Massa <i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> (RDVF-01)..... | 89 |
| Tabel 3. 12 Neraca Massa <i>Mixer</i> (M-01) .....                       | 89 |
| Tabel 3. 13 Neraca Massa Reaktor Hidrolisis (R-01) .....                 | 90 |
| Tabel 3. 14 Neraca Massa Bak Koagulasi (BK-01) .....                     | 91 |
| Tabel 3. 15 Neraca Massa <i>Centrifuge</i> (CF-01) .....                 | 92 |
| Tabel 3. 16 Neraca Massa Reaktor Siklisasi (R-02) .....                  | 92 |
| Tabel 3. 17 Neraca Massa <i>Netralizer</i> (N-01) .....                  | 93 |
| Tabel 3. 18 Neraca Massa <i>Centrifuge</i> (CF-02) .....                 | 94 |
| Tabel 3. 19 Neraca Massa Bak Pencucian (BP-01).....                      | 95 |
| Tabel 3. 20 Neraca Massa <i>Centrifuge</i> (CF-03) .....                 | 96 |
| Tabel 3. 21 Neraca Massa <i>Spray Dryer</i> (SD-01) .....                | 96 |
| Tabel 3. 22 Neraca Panas <i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> (RDVF-01)..... | 97 |
| Tabel 3. 23 Neraca Panas <i>Mixer</i> (M-01) .....                       | 98 |
| Tabel 3. 24 Neraca Panas Reaktor Siklisasi (R-02) .....                  | 98 |
| Tabel 3. 25 Neraca Panas <i>Netralizer</i> (N-01) .....                  | 98 |
| Tabel 3. 26 Neraca Panas <i>Spray Dryer</i> (SD-01) .....                | 99 |
| Tabel 3. 27 Neraca Massa <i>Heat Exchanger</i> (HE-01).....              | 99 |

|                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 3. 28 Neraca Massa <i>Heat Exchanger</i> (HE-02)..... | 99  |
| Tabel 3. 29 Neraca Massa <i>Heat Exchanger</i> (HE-03)..... | 100 |
| Tabel 3. 30 Neraca Massa <i>Cooler</i> (CL-01).....         | 100 |
| Tabel 4. 1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik.....    | 109 |
| Tabel 4. 2 Pembagian <i>Shift</i> Karyawan .....            | 129 |
| Tabel 4. 3 Penggolongan Jabatan .....                       | 130 |
| Tabel 4. 4 Jumlah Karyawan <i>Non-Shift</i> .....           | 132 |
| Tabel 4. 5 Kebutuhan Operator Pada Alat Proses .....        | 135 |
| Tabel 4. 6 Rincian Gaji Karyawan .....                      | 138 |
| Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Domestik.....                      | 148 |
| Tabel 5. 2 Kebutuhan <i>Service Water</i> .....             | 149 |
| Tabel 5. 3 Kebutuhan Air Proses.....                        | 150 |
| Tabel 5. 4 Kebutuhan Air Umpan <i>Boiler</i> .....          | 150 |
| Tabel 5. 5 Kebutuhan Air Pendingin .....                    | 151 |
| Tabel 5. 6 Total Kebutuhan Air .....                        | 151 |
| Tabel 5. 7 Kebutuhan Listrik Alat Proses.....               | 159 |
| Tabel 5. 8 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas .....            | 161 |
| Tabel 5. 9 Spesifikasi Tangki Utilitas.....                 | 175 |
| Tabel 5. 10 Spesifikasi Pompa Utilitas .....                | 182 |
| Tabel 6. 1 Indeks Harga Alat.....                           | 195 |
| Tabel 6. 2 Daftar Harga Alat Proses .....                   | 197 |
| Tabel 6. 3 Daftar Harga Alat Utilitas.....                  | 200 |
| Tabel 6. 4 <i>Direct Plant Cost</i> (DPC) .....             | 203 |
| Tabel 6. 5 <i>Indirect Cost</i> (DC).....                   | 203 |
| Tabel 6. 6 <i>Direct Manufacturing Cost</i> (DMC).....      | 205 |

|                                                          |     |
|----------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 6. 7 <i>Indirect Manufacturing Cost</i> (IMC)..... | 205 |
| Tabel 6. 8 <i>Fixed Manufacturing Cost</i> (FMC) .....   | 206 |
| Tabel 6. 9 <i>Total Administrative Cost</i> .....        | 207 |
| Tabel 6. 10 <i>General Expense</i> (GE) .....            | 208 |
| Tabel 6. 11 <i>Annual Fixed Cost</i> (Fa) .....          | 216 |
| Tabel 6. 12 <i>Annual Variable Cost</i> (Va).....        | 217 |
| Tabel 6. 13 <i>Annual Regulated Expense</i> (Ra).....    | 217 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 1. 1 Produksi Cat di Indonesia .....                                | 5   |
| Gambar 1. 2 Impor Cat di Indonesia .....                                   | 6   |
| Gambar 1. 3 Hubungan Antara Tahun Terhadap Konsumsi Cat di Indonesia ..... | 8   |
| Gambar 1. 4 Hubungan Antara Tahun Terhadap Ekspor Cat di Indonesia .....   | 10  |
| Gambar 1. 5 Struktur molekul karet alam (cis 1,4 - poliisoprena).....      | 15  |
| Gambar 1. 6 Reaksi Siklisasi Karet Alam .....                              | 30  |
| Gambar 1. 7 Grafik Persamaan Order 0 .....                                 | 31  |
| Gambar 1. 8 Grafik Persamaan Order 1 .....                                 | 32  |
| Gambar 1. 9 Grafik Persamaan Order 2 .....                                 | 32  |
| Gambar 3. 1 Diagram alir kualitatif .....                                  | 47  |
| Gambar 3. 2 Diagram alir kuantitatif .....                                 | 48  |
| Gambar 4. 1 Peta Rencana Lokasi Pabrik Karet Alam Siklis .....             | 102 |
| Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik ( <i>Plant Layout</i> ) .....                | 110 |
| Gambar 4. 3 Tata Letak Mesin Proses.....                                   | 113 |
| Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan .....                           | 118 |
| Gambar 5. 1 Diagram Unit Pengolahan Air .....                              | 190 |
| Gambar 6. 1 Grafik Indeks Harga vs Tahun.....                              | 196 |
| Gambar 6. 2 Grafik <i>Break Even Point</i> (BEP) .....                     | 220 |

## **DAFTAR LAMPIRAN**

|                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------|-----|
| LAMPIRAN A. PERANCANGAN REAKTOR .....                            | A-1 |
| LAMPIRAN B. <i>PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM</i> (PEFD) ..... | B-1 |
| LAMPIRAN C. KARTU KONSULTASI BIMBINGAN .....                     | C-1 |

## DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN

|        |                                        |
|--------|----------------------------------------|
| SIR    | : <i>Standard Indonesian Rubber</i>    |
| RSS    | : <i>Ribbed Smoked Sheet</i>           |
| KKK    | : Kadar Karet Kering                   |
| CNR    | : <i>Cyclic Natural Rubber</i>         |
| DPNR   | : <i>Deproteinized Natural Rubber</i>  |
| BSK    | : Berat Perseratus Bagian Karet        |
| KJP    | : Kadar Jumlah Padatan                 |
| T      | : <i>Temperature, °C</i>               |
| D      | : Diameter, m                          |
| H      | : Tinggi, m                            |
| P      | : Tekanan, psia                        |
| $\mu$  | : Viskositas, cP                       |
| $\rho$ | : Densitas, Kg/m <sup>3</sup>          |
| Q      | : Kebutuhan Kalor, Kj/Jam              |
| A      | : Luas Penampang, m <sup>2</sup>       |
| x      | : Konversi, %                          |
| V      | : Volume, m <sup>3</sup>               |
| t      | : Waktu, Jam                           |
| m      | : Massa, Kg                            |
| Fv     | : Laju Alir Volumetrik, m <sup>3</sup> |
| r      | : Jari-jari, in                        |
| P      | : <i>Power Motor, Hp</i>               |

$t_s$  : Tebal *Shell*, in  
 $\Delta P_T$  : *Pressure Drop*, psia  
 $ID$  : *Inside* diameter, in  
 $OD$  : *Outside* diameter, in  
 $t_h$  : Tebal *head*, in  
 $Re$  : Bilangan Reynold  
 $f$  : *Allowable Stress*, psia  
 $E$  : Efisiensi Pengelasan  
 $C$  : *Corrosion allowance*  
 $i_{cr}$  : Jari-jari sudut dalam, in  
 $Z_i$  : Jarak pengaduk, m  
 $Z_L$  : Tinggi pengaduk, m  
 $N$  : Kecepatan pengadukan, rpm  
 $U_d$  : Koefisien transfer panas dalam keadaan kotor, Btu/jam ft<sup>2</sup> °F  
 $U_c$  : Koefisien transfer panas dalam keadaan bersih, Btu/jam ft<sup>2</sup> °F  
 $R_d$  : Faktor Pengotor  
 $C_p$  : Kapasitas Panas, Btu/lb °F  
 $K$  : Konduktivitas termal, Btu/jam ft 2 °F  
 $J_H$  : *Heat transfer factor*  
 $H_i$  : *Inside film coefficient*, Btu/jam ft<sup>2</sup> °F  
 $H_o$  : *Outside film coefficient*, Btu/jam ft<sup>2</sup> °F  
 $LMTD$  : *Long mean Temperature different*, °F  
 $k$  : Konstanta kinetika reaksi, 1/waktu

$\Delta H$  : Entalpi, KJ/Jam

$t_h$  : Tebal *head*, in

ROI : *Return On Investment*

POT : *Pay Out Time*

DCFRR : *Discounted Cash Flow Rate of Return*

BEP : *Break Event Point*

SDP : *Shut Down Point* (SDP)

$F_a$  : *Annual Fixed Cost*

$V_a$  : *Annual Variable Cost*

$R_a$  : *Annual Regulated Expense*

CEPCI : *Chemical Engineering Plant Cost*

## ABSTRAK

Karet alam merupakan salah satu komoditas hasil perkebunan yang menghasilkan devisa negara cukup besar. Indonesia tercatat sebagai produsen dan pengeksport karet alam terbesar di dunia. Salah satu cara dalam meningkatkan nilai mutu dari karet adalah memodifikasinya dengan siklisasi. Modifikasi karet alam menjadi siklis merupakan suatu proses merubah struktur molekul karet alam dari struktur rantai lurus menjadi rantai siklis melalui bantuan katalis asam. Berdasarkan kegunaannya, karet alam siklis banyak digunakan sebagai pengikat (binder) dalam bahan baku pembuatan cat. Tingkat pertumbuhan industri cat Indonesia mencapai 6% setiap tahunnya. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dirancanglah pabrik karet alam siklis dengan kapasitas 70.000 ton/tahun, menggunakan bahan baku lateks sebanyak 20.273,518 kg/jam. Pabrik direncanakan akan berdiri pada tahun 2030 yang berlokasi di Sri Gunung, Kec. Sungai Lilin, Kab. Musi Banyuasin, Sumatera Selatan. Proses produksi Karet Alam Siklis melibatkan adanya reaksi siklisasi. Reaksi yang terjadi pada siklisasi adalah reaksi eksotermis sehingga perlu dilakukan kontrol suhu agar operasi yang dijalankan dapat stabil. Suhu operasi yang diperlukan yaitu pada suhu 95 °C dan tekanan 1 atm, menggunakan reaktor alir tangki berpengaduk (RATB). Unit utilitas pada pabrik karet alam siklis ini diperlukan untuk menyediakan keperluan, seperti air pendingin, air proses, *steam*, listrik, bahan bakar, udara tekan, dan lain-lain. Ditinjau dari analisis kelayakan, pabrik ini memiliki resiko rendah dan menunjukkan nilai *Return of Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 85,96 % dan ROI setelah pajak sebesar 63,72 %. Nilai *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak adalah 1,05 tahun dan setelah pajak adalah 1,353 tahun. *Break Event Point* (BEP) sebesar 53,55% , *Shut Down Point* (SDP) sebesar 45,44% kapasitas produksi dan *Discount Cash Flow Rate of Return* (DCFRR) sebesar 54,00%. Berdasarkan data analisis teknis dan ekonomi tersebut, maka Pabrik Karet Alam Siklis dengan kapasitas 70.000 ton/tahun ini layak untuk dikaji lebih lanjut.

**Kata kunci :** *karet Alam siklis, siklisasi, lateks, karet alam*

## **ABSTRACT**

*Natural rubber is one of the plantation commodities that generates quite a lot of foreign exchange for the country. Indonesia is listed as the largest producer and exporter of natural rubber in the world. One way to increase the quality value of rubber is to modify it by cyclization. Modification of natural rubber to cyclic is a process of changing the molecular structure of natural rubber from a straight chain structure to a cyclic chain with the help of an acid catalyst. Based on its use, cyclic natural rubber is widely used as a binder in raw materials for making paint. The growth rate of the Indonesian paint industry reaches 6% every year. Based on this background, a cyclical natural rubber factory was designed with a capacity of 70,000 tons/year, using 20,273.518 kg/hour of latex as raw material. The factory is planned to be established in 2030, located in Sri Gunung, Kec. Lilin River, Kab. Musi Banyuasin, South Sumatra. The Cyclic Natural Rubber production process involves a cyclization reaction. The reaction that occurs in cyclization is an exothermic reaction so it is necessary to control the Temperature so that the operation can be stable. The required operating Temperature is 95 °C and 1 atm pressure, using a continuous stirred tank reactor (CSTR). The utility unit at the cyclical natural rubber factory is needed to provide necessities, such as cooling water, process water, steam, electricity, fuel, compressed air, etc. Judging from the feasibility analysis, this factory has low risk and shows a Return of Investment (ROI) before tax of 85.96% and an ROI after tax of 63.72%. The Pay Out Time (POT) value before tax is 1.05 years and after tax is 1.353 years. Break Event Point (BEP) is 53.55%, Shut Down Point (SDP) is 45.44% of production capacity and Discount Cash Flow Rate of Return (DCFRR) is 54.00%. Based on the technical and economic analysis data, the Cyclical Natural Rubber Factory with a capacity of 70,000 tons/year is worthy of further study.*

**Keywords:** *cyclic natural rubber, cyclization, latex, natural rubber*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia merupakan negara agraris yang memiliki potensi alam melimpah terutama pada sektor perkebunan. Karet alam merupakan salah satu komoditas hasil perkebunan yang menghasilkan devisa negara cukup besar. Indonesia tercatat sebagai produsen dan pengeksport karet alam terbesar di dunia. Hal ini menunjukkan peluang besar bagi Indonesia dalam hal pengembangan olahan karet. Produksi karet alam di Indonesia banyak didominasi oleh Provinsi Sumatera dan Kalimantan. Sebagian besar produksi karet alam yang diekspor masih berupa produk karet hulu seperti lateks, *Standard Indonesian Rubber* (SIR) dan *Ribbed Smoked Sheet* (RSS). Selain peluang ekspor yang luas, pasar karet di dalam negeri pun masih cukup besar seperti pada industri ban, otomotif, aspal, dan lain-lain. Pada tahun 2021, produksi karet Indonesia mencapai 3,12 juta ton dan mengekspor sekitar 87% produksi karet alam. Tujuan utama ekspor karet Indonesia pada tahun 2021 tercatat pada tiga negara yaitu Amerika, Jepang dan Cina (Kementerian Pertanian, 2022).

Luas areal perkebunan karet di Indonesia mencapai 3,68 juta ha terluas di dunia dengan produksi terbesar kedua didunia setelah Thailand (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2019). Luasnya perkebunan karet berbanding terbalik dengan mutu karet yang dihasilkan. Karet yang diekspor oleh Indonesia dengan jumlah sekitar 85% masih berupa produk karet hulu. Hal ini menunjukkan serapan produksi pada industri karet dalam negeri kurang. Kondisi ini sangat disayangkan mengingat

Indonesia merupakan produsen karet alam terbesar. Oleh sebab itu perlu adanya pengembangan hilirisasi produk karet alam dibandingkan dengan mengekspor produk karet hulu. Hal ini juga dapat meningkatkan volume nilai ekspor dan ketergantungan produk impor berbasis karet (Hakim & Citra, 2019).

Salah satu cara dalam meningkatkan nilai mutu dari karet adalah memodifikasinya dengan siklisasi. Modifikasi karet alam menjadi siklis merupakan suatu proses merubah struktur molekul karet alam dari struktur rantai lurus menjadi rantai siklis melalui bantuan katalis asam. Modifikasi ini dapat dilakukan untuk memperbaiki sifat dari karet ataupun menghasilkan suatu produk baru. Proses siklisasi pada fase lateks merupakan teknologi yang paling tepat untuk diterapkan oleh Indonesia sebagai negara penghasil lateks. Produk yang dihasilkan pada proses siklisasi ini berupa resin atau suatu bahan termoplastik yang memiliki daya rekat kuat. Sifat dari karet siklis yang ringan dan mempunyai daya rekat yang baik menjadikan karet siklis banyak digunakan sebagai bahan baku industri cat, perekat, pernis, dan bahan pembuatan tinta. Pembuatan karet siklis dapat dihasilkan dari beberapa jenis bahan baku antara lain lateks pekat, lateks depolimerisasi dan lateks deproteinasi. Sifat karet siklis yang dihasilkan dari ketiga jenis bahan tersebut akan berbeda satu dengan yang lainnya. Di Indonesia, satu-satunya industri yang menghasilkan resin dari karet adalah Pabrik Resiprene 35, salah satu unit usaha dari PT Industri Karet Nusantara yang berlokasi di kota Medan, Sumatera Utara (Eral et al., 2021).

Berdasarkan kegunaannya, karet alam siklis banyak digunakan sebagai pengikat (binder) dalam bahan baku pembuatan cat. Tingkat pertumbuhan industri

cat Indonesia mencapai 6% setiap tahunnya. Hal ini berkaitan dengan pertambahan jumlah penduduk sehingga hal ini menyebabkan naiknya kebutuhan akan tempat tinggal serta pembangunan. Dampak dari peningkatan jumlah penduduk ini memberikan peluang pada industri kimia untuk dapat memenuhi kebutuhan cat di Indonesia. Pada setiap tahunnya, produksi cat dalam negeri mencapai 1.500.000 MT, dengan permintaan domestik 100.000 MT per tahun. Namun industri cat juga menerima insentif dari pemerintah Indonesia dalam bentuk cakupan pajak (BMDP/Bea Masuk Ditanggung Pemerintah) senilai Rp10 miliar (USD 709.995) untuk mengimpor bahan baku pembuatan cat (BPPI, 2018). Oleh sebab itu, dari permasalahan diatas dapat disimpulkan bahwa pendirian pabrik karet alam siklis di Indonesia sangat dibutuhkan dan memiliki peluang yang besar. Dengan adanya karet alam siklis, diharapkan mampu memenuhi kebutuhan akan bahan baku pembuatan cat di Indonesia serta dapat mengurangi adanya impor bahan.

## **1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik**

Penentuan kapasitas produksi dari suatu pabrik dapat ditinjau dari beberapa aspek, seperti segi ekonomi, finansial, serta perhitungan kapasitas dari suatu pabrik dengan melalui beberapa analisis. Analisis yang dilakukan dalam penentuan kapasitas pabrik yaitu dengan menentukan kebutuhan produk, ketersediaan dari bahan produksi, serta menganalisis dari kapasitas pabrik yang sudah berdiri. Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan kapasitas pabrik adalah sebagai berikut:

### 1.2.1 Supply

*Supply* atau disebut dengan penawaran dapat meliputi data produksi dan impor produk. Karet alam siklis merupakan suatu resin yang banyak digunakan sebagai bahan baku pembuatan cat. Oleh sebab itu, penentuan kapasitas pabrik karet alam siklis mengacu pada data produksi dan impor cat di Indonesia.

#### a. Produksi

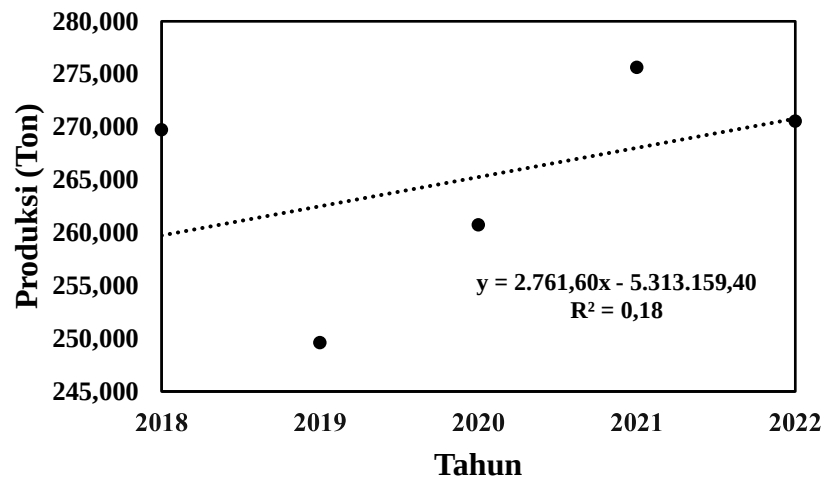
Tabel 1.1 menunjukkan data produksi dari 17 produsen cat di Indonesia pada tahun 2018-2022.

Tabel 1.1 Produksi Cat di Indonesia Tahun 2018-2022

| <b>Tahun</b> | <b>Ton/Tahun</b> |
|--------------|------------------|
| 2018         | 269.759          |
| 2019         | 249.629          |
| 2020         | 260.765          |
| 2021         | 275.657          |
| 2022         | 270.553          |

Sumber : Kementerian PUPR (<https://simpk.pu.go.id/>)

Berdasarkan data produksi pada Tabel 1.1 menunjukkan bahwa rata-rata jumlah produksi cat berada pada kisaran 200 - 270 ribu ton/tahun. Untuk menentukan produksi cat pada tahun 2030, dari data produksi diatas diperoleh persamaan regresi linear pada gambar 1.1 sebagai berikut.



Gambar 1. 1 Produksi Cat di Indonesia

Dari Gambar 1.1 diperoleh persamaan regresi linear  $y = 2.761,60x - 5.313.159,40$  dengan asumsi sebagai berikut :

$x$  = Tahun ke- $x$

$y$  = Kebutuhan produk pada tahun ke- $x$

Dengan demikian didapatkan perkiraan produksi cat di Indonesia pada tahun 2030 adalah :

$$\begin{aligned}
 y &= 2.761,60x - 5.313.159,40 \\
 &= 2.761,60(2030) - 5.313.159,40 \\
 &= 292.888,60 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

## b. Impor

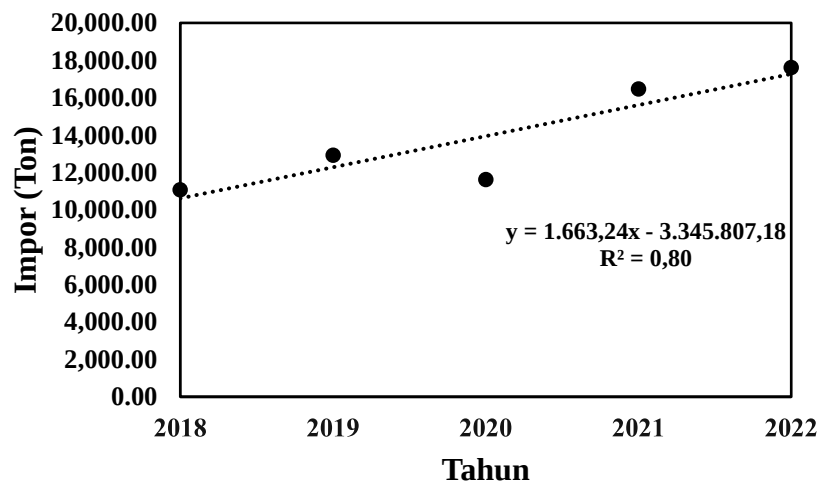
Tabel 1.2 menunjukkan data impor cat di Indonesia pada tahun 2018-2022.

Tabel 1. 2 Impor Cat di Indonesia Tahun 2018-2022

| Tahun | Ton       |
|-------|-----------|
| 2018  | 11075,78  |
| 2019  | 12926,06  |
| 2020  | 116627,41 |
| 2021  | 16468,29  |
| 2022  | 17620,88  |

Sumber :Badan Pusat Statistik, 2023

Untuk menentukan perkiraan impor cat pada tahun 2030, dari data impor diatas diperoleh persamaan regresi linear pada gambar 1.2 sebagai berikut.



Gambar 1. 2 Impor Cat di Indonesia

Dari Gambar 1.2 diperoleh persamaan regresi linear  $y = 1.663,24x - 3.345.807,18$  dengan asumsi sebagai berikut :

$x$  = Tahun ke- $x$

$y$  = Kebutuhan produk pada tahun ke- $x$

Dengan demikian didapatkan perkiraan impor cat di Indonesia pada tahun 2030 adalah :

$$\begin{aligned} y &= 1.663,24x - 3.345.807,18 \\ &= 1.663,24(2030) - 3.345.807,18 \\ &= 30.570,02 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan perkiraan produksi dan impor cat di Indonesia, maka diperoleh nilai *supply* cat di Indonesia adalah :

$$\begin{aligned} \text{Supply} &= \text{Produksi} + \text{Impor} \\ &= (292.888,60 + 30.570,02) \text{ ton/tahun} \\ &= 323.458,62 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

### 1.2.2 Demand

*Demand* atau disebut dengan permintaan terdiri dari data konsumsi dalam negeri dan nilai ekspor dari produk. Karet alam siklis merupakan suatu resin yang banyak digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan cat. Maka dari itu, penentuan kapasitas dari pabrik karet alam siklis dari lateks mengacu pada data konsumsi dan ekspor cat yang ada di Indonesia.

## a. Konsumsi

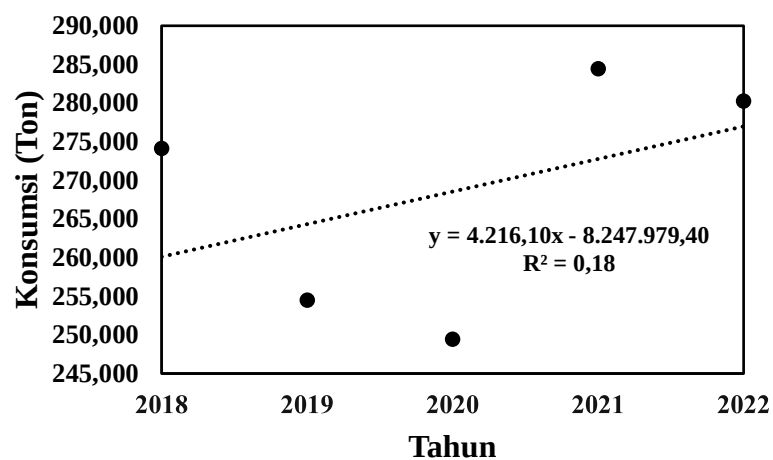
Tabel 1.3 menunjukkan data konsumsi dari 17 produsen cat yang berada di Indonesia pada tahun 2018-2022.

Tabel 1. 3 Konsumsi Cat di Indonesia Tahun 2018-2022

| Tahun | Ton/Tahun |
|-------|-----------|
| 2018  | 274.131   |
| 2019  | 254.479   |
| 2020  | 249.437   |
| 2021  | 284.430   |
| 2022  | 280.236   |

Sumber : Kementerian PUPR (<https://simpk.pu.go.id/>)

Berdasarkan data produksi pada Tabel 1.3 menunjukkan bahwa rata-rata jumlah konsumsi cat berada pada kisaran 240 - 290 ribu ton/tahun. Untuk menentukan konsumsi cat pada tahun 3030, dari data konsumsi diatas diperoleh persamaan regresi linear pada gambar 1.3 sebagai berikut:



Gambar 1. 3 Hubungan Antara Tahun Terhadap Konsumsi Cat di Indonesia

Dari Gambar 1.3 diperoleh persamaan regresi linear  $y = 4.216,10x - 8.247.979,40$  dengan asumsi sebagai berikut:

$x$  = Tahun ke- $x$

$y$  = Kebutuhan produk pada tahun ke- $x$

Dengan demikian didapatkan perkiraan konsumsi cat di Indonesia pada tahun 2030 adalah:

$$\begin{aligned} y &= 4.216,10x - 8.247.979,40 \\ &= 4.216,10(2030) - 8.247.979,40 \\ &= 310.703,60 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

b. Ekspor

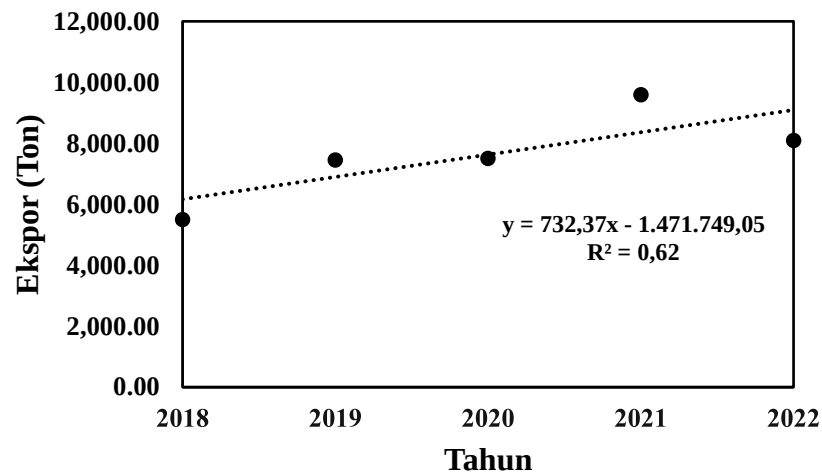
Tabel 1.4 menunjukkan data ekspor cat di Indonesia pada tahun 2018-2022

Tabel 1. 4 Ekspor Cat di Indonesia Tahun 2018-2022

| <b>Tahun</b> | <b>Ton</b> |
|--------------|------------|
| 2018         | 5.501,01   |
| 2019         | 7.454,77   |
| 2020         | 7.503,33   |
| 2021         | 9.588,11   |
| 2022         | 8.096,16   |

Sumber :Badan Pusat Statistik, 2023

Untuk menentukan perkiraan ekspor cat pada tahun 2030, dari data ekspor diatas diperoleh persamaan regresi linear pada gambar 1.4 sebagai berikut :



Gambar 1. 4 Hubungan Antara Tahun Terhadap Ekspor Cat di Indonesia

Dari gambar 1.4 diperoleh persamaan regresi linear  $y = 732,37x - 1.471.749,05$  dengan asumsi sebagai berikut:

$x$  = Tahun ke- $x$

$y$  = Kebutuhan produk pada tahun ke- $x$

Dengan demikian didapatkan perkiraan ekspor cat di Indonesia pada tahun 2030 adalah:

$$\begin{aligned}
 y &= 732,37x - 1.471.749,05 \\
 &= 732,37(2030) - 1.471.749,05 \\
 &= 14.962,05 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan perkiraan konsumsi dan ekspor cat di Indonesia, diperoleh nilai *demand* cat di Indonesia adalah

$$\text{Demand} = \text{Konsumsi} + \text{Ekspor}$$

$$= (310.703,60 + 14.962,05) \text{ ton/tahun}$$

$$= 325.665,65 \text{ ton/tahun}$$

Dari hasil perkiraan kebutuhan produksi, impor, ekspor dan konsumsi cat pada tahun 2030, peluang pasar untuk karet alam siklis dapat ditentukan mengacu pada data peluang pasar cat sebagai berikut :

$$\text{Peluang} = \text{Demand} - \text{Supply}$$

$$\text{Peluang} = (325.665,65 - 323.458,62) \text{ ton/tahun}$$

$$\text{Peluang} = 2.207,03 \text{ ton/tahun}$$

Penentuan peluang pasar apabila ditinjau dari kebutuhan bahan resin adalah sebesar 35% dari cat yang digunakan sebagai bahan baku (Lusiana & Cahyanto, 2014). Oleh sebab itu dari hasil perhitungan diatas didapatkan peluang pasar dari kebutuhan 35% adalah sebesar 772,46 ton/tahun. Penentuan kapasitas pabrik karet alam siklis dibuat berdasarkan kapasitas pabrik cat yang sudah berdiri di Indonesia yakni antara 1925 - 140.000 ton/tahun. Dari range tersebut diambil kapasitas sebesar 70.000 ton/tahun berdasarkan pabrik yang sudah berdiri dan untuk memenuhi kebutuhan ekspor karet alam siklis.

Penentuan kapasitas tersebut dipilih berdasarkan nilai tengah dari pabrik yang sudah berdiri di Indonesia dengan pertimbangan pabrik karet alam siklis dapat

mengurangi risiko terkait dengan variasi ekstrem dalam permintaan, sehingga menghindari risiko kerugian yang besar akibat kekurangan atau kelebihan kapasitas. Selain itu, pemilihan berdasarkan nilai tengah membantu dalam perencanaan jangka panjang yang lebih realistis, terutama ketika ada ketidakpastian dalam proyeksi permintaan. Hal ini memberikan fleksibilitas untuk menyesuaikan dengan perubahan pasar.

### 1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku

Untuk keberlangsungan dari suatu produksi, ketersediaan bahan baku menjadi faktor yang sangat penting bagi suatu pabrik. Pabrik karet alam siklus ini menggunakan bahan baku dari lateks. Lateks karet alam yang digunakan merupakan penyadapan dari pohon karet yang berupa cairan putih kekuning-kuningan yang terdiri dari partikel karet dan bahan bukan karet yang dapat terdispersi di dalam air. Untuk stok dari lateks dipastikan melimpah untuk di Indonesia sendiri. Berikut ini data produksi lateks di Indonesia :

Tabel 1. 5 Produksi Lateks di Indonesia Tahun 2017-2021

| Provinsi           | Tahun (Ton) |           |         |         |         |
|--------------------|-------------|-----------|---------|---------|---------|
|                    | 2017        | 2018      | 2019    | 2020    | 2021    |
| Sumatera Selatan   | 1.035.605   | 1.043.003 | 944.192 | 804.768 | 870.966 |
| Sumatera Utara     | 460.901     | 418.942   | 387.684 | 327.670 | 346.003 |
| Riau               | 368.573     | 337.261   | 308.021 | 291.909 | 305.967 |
| Jambi              | 315.413     | 319.470   | 301.418 | 262.831 | 280.433 |
| Kalimantan Barat   | 275.748     | 272.329   | 261.472 | 236.031 | 247.127 |
| Kalimantan Selatan | 193.131     | 188.375   | 174.608 | 145.089 | 166.125 |

| Provinsi          | Tahun (Ton)      |                  |                  |                  |                  |
|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|                   | 2017             | 2018             | 2019             | 2020             | 2021             |
| Lampung           | 159.813          | 174.077          | 148.497          | 136.940          | 145.648          |
| Kalimantan Tengah | 155.229          | 161.915          | 152.195          | 125.921          | 143.276          |
| Sumatera Barat    | 152.370          | 152.474          | 141.960          | 132.080          | 237.189          |
| Bengkulu          | 122.357          | 126.341          | 113.568          | 94.122           | 108.003          |
| Lainnya           | 441.288          | 436.170          | 367.790          | 327.284          | 370.737          |
| <b>Total</b>      | <b>3.680.428</b> | <b>3.630.357</b> | <b>3.301.405</b> | <b>2.884.645</b> | <b>3.121.474</b> |

*Sumber : Direktorat Jenderal Perkebunan*

Dari hasil peluang pasar di atas menunjukkan nilai angka yang besar, sehingga dapat disimpulkan bahwa produk karet alam siklus memiliki peluang yang sangat dibutuhkan di pasaran. Rata-rata dari produksi bahan baku lateks setiap tahun dari 2017-2021 sebesar 3.323.661 ton/tahun. Nilai rata-rata dari bahan baku lateks setiap tahunnya sangat besar dan melebihi dari proyeksi kebutuhan sebesar 348.941,99 ton/tahun. Maka dari itu, bahan baku lateks dapat tersedia untuk produksi karet alam siklus. Penentuan kapasitas dari pabrik karet alam siklus juga dapat dipertimbangkan berdasarkan kapasitas pabrik cat yang sedang berjalan. Kapasitas dari pabrik cat yang telah berdiri terlihat pada Tabel 1.6 berikut ini.

Tabel 1. 6 Kapasitas Produksi Pabrik Cat di Indonesia

| Nama Pabrik                      | Kapasitas (Ton/Tahun) |
|----------------------------------|-----------------------|
| PT Nippon Paint                  | 400.000               |
| PT Axalta Powder Coating Systems | 5.500                 |
| PT Bintang Chemical Indonesia    | 200.000               |
| PT Chugoku Paints Indonesia      | 5.511                 |
| PT Inter Aneka Lestari Kimia     | 22.500                |

| <b>Nama Pabrik</b>                | <b>Kapasitas (Ton/Tahun)</b> |
|-----------------------------------|------------------------------|
| PT Jotun Indonesia                | 35.314                       |
| PT Kansai Prakarsa Coatings       | 24.000                       |
| PT Nipsea Paint and Chem          | 50.000                       |
| PT Pabrik Cat dan Tinta Pacific   | 20.000                       |
| PT Mikatasa Agung                 | 15.000                       |
| PT Propan Raya Industrial Coating | 200.000                      |
| PT Ici Paint                      | 30.000                       |
| PT Seiv Indonesia                 | 60.000                       |
| PT Sigma Utama                    | 6.000                        |
| PT Pacific Paint                  | 22.046                       |
| PT Avi Avian                      | 350.000                      |
| PT Asian Paint                    | 250.000                      |

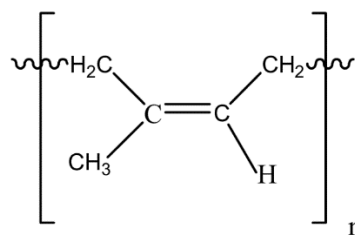
Jika ditinjau dari kapasitas pabrik cat yang sudah terpasangi di Indonesia dapat kita lihat pada tabel 1.6 bahwa kapasitas produksi pabrik tersebut berada pada range 5.500 - 400.000 ton/tahun. Sehingga dapat diperoleh perkiraan karet alam siklis sebesar 35% dari produk cat yang dihasilkan dengan produksi cat minimal dan maksimal terpasang yakni antara 1925 - 140.000 ton/tahun. Dari range tersebut dapat diambil nilai tengah dari kisaran tersebut yaitu sebesar 70.000 ton/tahun. Maka dari itu, kapasitas pabrik karet alam siklis yang akan dibuat pada tahun 2030 adalah sebesar 70.000 ton/tahun.

### **1.3 Tinjauan Pustaka**

#### **1.3.1 Lateks Karet Alam**

Lateks karet alam dapat diperoleh dari penyadapan pohon karet (*Hevea brasiliensis*) yaitu cairan yang memiliki warna putih kekuning-kuningan yang terdiri dari partikel karet dan bahan bukan karet yang dapat terdispersi di dalam air. Lateks karet alam memiliki partikel yang berupa cis 1,4 - poliisoprena, sedangkan

bahan yang bukan karet dapat terdiri dari protein, lipid (terutama fosfolipid), asam organik, asam amino, karbohidrat, serta kation anorganik. Lateks karet alam diperoleh dari penyadapan pohon karet mengandung Kadar Karet Kering (KKK) berkisar 25 - 35%, sehingga lateks yang akan digunakan harus dipekatkan terlebih dahulu supaya bisa untuk digunakan (Adi cifriadi, 2008).



Gambar 1. 5 Struktur molekul karet alam (cis 1,4 - poliisoprena)

### 1.3.2 Modifikasi Karet Alam

Modifikasi dari karet alam merupakan suatu proses yang digunakan untuk merekayasa struktur molekul karet alam yang dapat menghasilkan suatu material baru yang memiliki karakteristik yang berbeda dengan karet alam semula. Modifikasi dari karet alam ini digunakan untuk memperluas penggunaan dari karet alam yang biasanya hanya digunakan untuk penggunaan karet secara umum yang belum bisa digunakan untuk penggunaan karet secara khusus karena karet alam tidak tahan dengan panas, ozon, ataupun minyak. Kelemahan dari sifat tersebut disebabkan karena ikatan rangkap C=C yang terdapat pada struktur molekul yang reaktif terhadap kondisi panas, ozon, maupun minyak. Maka dari itu, modifikasi dari karet alam adalah salah satu cara yang tepat untuk mengatasi kelemahan tersebut (Adi cifriadi, 2008).

#### **a. Modifikasi Karet Alam Secara Fisika**

Modifikasi karet alam secara fisika merupakan suatu teknik dalam merekayasa dari struktur molekul karet alam secara fisika dengan mencampurkan polimer dengan karet alam, sehingga dapat membentuk suatu campuran yang tidak menghasilkan ikatan kimia yang dikenal dengan poliblend.

#### **b. Modifikasi Karet Alam Secara Kimia**

Modifikasi karet alam secara kimia merupakan suatu teknik mengubah struktur molekul dari karet alam yang dilakukan dengan mereaksikan bahan kimia, sehingga dapat terjadi reaksi kimia dengan karet alam. Reaksi kimia tersebut dapat seperti degradasi kimia, klorinasi, grafting, siklisasi karet alam, dll.

### **1.3.3 Karet Alam Siklis**

Karet alam siklis atau dikenal dengan karet siklo merupakan produk turunan dari karet alam hasil modifikasi secara kimia. Karet alam siklis memiliki potensi yang besar sebagai resin perekat atau binder pada pembuatan cat karena memiliki keunggulan yang ringan, tahan terhadap gesekan serta daya rekat yang kuat terhadap logam, kayu, kulit, kertas maupun tekstil (Departemen Perindustrian, 2009). Dengan melihat peningkatan jumlah penduduk dan kebutuhan tempat tinggal, membuat kebutuhan cat di Indonesia naik dan memberikan peluang terhadap tumbuhnya industri cat. Oleh sebab itu, konsumsi resin di Indonesia sebagai binder pun tiap tahun semakin bertambah. Kebutuhan binder pada pembuatan cat cukup besar dengan komposisi terdiri dari pigmen 45%, binder 35%,

pelarut 15% dan aditif 5%. (Lusiana & Cahyanto, 2014). Berdasarkan pentingnya kegunaan karet alam siklis sebagai resin perekat atau binder pada pembuatan cat serta besarnya kebutuhan dan konsumsi cat di Indonesia, pendirian pabrik karet alam siklis mempunyai peluang yang cukup besar untuk direalisasikan. Pendirian pabrik karet alam siklis ini juga didukung dengan potensi bahan baku karet alam yang tersedia di Indonesia sebagai produsen karet alam terbesar. Karet alam siklo dapat dihasilkan dari berbagai jenis bahan baku lateks antara lain lateks pekat, lateks depolimerisasi, dan lateks deproteinasi. Ketiga bahan baku tersebut menghasilkan sifat karet alam siklis yang berbeda. Maka dari itu, perlu diketahui karakteristik karet alam siklis antara ketiga macam lateks yang digunakan (Kusumastuti, 2007).

Karet alam siklis merupakan turunan dari karet alam yang telah mengalami perubahan menjadi resin atau bahan termoplastik yang dihasilkan dari pemanasan karet dengan penambahan katalis asam. Karet alam siklis yang dihasilkan dapat berupa bahan keras yang memiliki sifat rapuh, seperti *gutta perca* atau serbuk amorf yang berwarna keputihan. Karet alam siklis dibuat melalui reaksi siklisasi. Reaksi siklisasi merupakan reaksi yang mengalami perubahan bentuk dari struktur rantai molekul keadaan rantai yang lurus menjadi rantai siklis atau cincin. Siklisasi yang ideal akan menghasilkan struktur cincin karet yang tidak memiliki ikatan rangkap dalam molekulnya karena adanya pemanasan maupun penambahan dari katalis asam. Sifat produk yang dihasilkan dari proses siklisasi bergantung pada teknologi dan katalis asam yang digunakan. Karet alam siklis yang baik akan mudah larut di dalam pelarut karet. Selain itu, karet siklis mempunyai sifat yang ringan, tahan

terhadap gaya gesek, kaku, mempunyai daya rekat yang baik terhadap logam, karet, kayu, kulit, dan mempunyai sifat adhesi yang baik. Karet alam siklis tidak larut dalam air, sehingga karet alam siklis dapat digunakan sebagai bahan baku dari tinta cetak. Selain itu, kegunaan dari karet alam siklis yaitu sebagai *organic reinforcing* resin untuk karet dan sebagai binder pada industri cat. Pada penggunaan karet alam siklis sebagai binder pada cat dan tinta cetak membutuhkan persyaratan seperti, resin dari karet alam siklis harus mempunyai ketahanan terhadap bahan kimia, suhu tinggi dan abrasi serta dapat dicampur (Cicilia, B., 2007).

Dalam pembuatan karet alam siklis idealnya tidak ada lagi ikatan rangkap dalam struktur molekul pada karet alam siklis. Akan tetapi, keadaan tersebut sangat sulit tercapai sehingga karet alam siklis dengan struktur polisiklik dianggap sebagai produk akhir dari proses siklisasi karet alam. Hasil dari produk karet alam siklis bermacam-macam tergantung dengan derajat siklisasinya, seperti *rubbery*, *hard rubbery*, dan *powdery* (Cifriadi A., 2011)

#### **1.3.4 Proses Siklisasi**

Modifikasi karet dengan cara siklisasi menjadi karet siklis adalah suatu proses merubah karet alam yang awalnya memiliki karakteristik elastomer yang bersifat elastis menjadi tidak elastis atau rapuh dan getas. Dalam proses siklisasi akan terjadi perubahan ikatan pada karet alam yang awalnya berantai lurus dan panjang menjadi rantai siklik. (Ardina & Siregar, 2013). Secara singkat, proses siklisasi dapat dilakukan dengan memanaskan karet alam yang dicampur dengan katalis asam sehingga terjadi perubahan struktur molekul dari yang semula rantai lurus menjadi rantai siklis. Asam sulfat berfungsi sebagai katalis yang membentuk

ion karbonium pada molekul karet yang selanjutnya terjadi proses siklisasi. Dengan penambahan asam sulfat, lateks karet alam akan mengalami penurunan kestabilan dan energi panas sehingga akan terjadi peningkatan temperatur sistem.

Reaksi yang terjadi pada siklisasi adalah reaksi eksotermis sehingga perlu dilakukan kontrol suhu agar operasi yang dijalankan dapat stabil. Perubahan warna pada lateks alam menunjukkan keberhasilan proses siklisasi. Semakin tinggi dosis asam sulfat yang digunakan, maka warna yang terbentuk menjadi ungu yang semakin tua. Penambahan air panas pada lateks karet alam dapat mengencerkan campuran lateks dengan asam sulfat sehingga terjadi penurunan dan penghentian kinerja dari katalis asam sulfat sehingga proses siklisasi dapat dihentikan (Cifriadi, 2008).

### **1.3.5 Kegunaan Produk**

Karet alam siklis atau *Cyclic Natural Rubber* (CNR) merupakan material turunan dari karet alam yang menjadi produk unggulan pada industri hilir karet. Karet siklo banyak digunakan sebagai bahan resin dalam pembuatan cat, tinta, maupun bahan perekat. Karet alam siklis memiliki sifat fisik yang khas, seperti kaku, ringan, tahan terhadap gesekan, serta memiliki daya rekat yang baik terhadap logam, karet, kulit, tekstil, kertas, dan kayu. Secara umum, kegunaan dari karet alam siklis yaitu sebagai resin penguat yang digunakan untuk karet dan sebagai binder pada industri cat. Karet alam siklis juga digunakan sebagai pengisi dan penguat pada barang jadi karet, bahan dalam kemasan untuk mempertahankan kualitas dari produk terutama pada produk pangan maupun hasil pertanian,

misalnya kemasan yang terbuat dari polimer plastik, aluminium foil, kertas, dan logam (Eddiyanto, E., 2022).

Resin dari karet alam siklis memiliki derajat keasaman (pH) yang relatif bersifat netral dan dapat bertahan pada proses hidrolisis, pengikisan, alkali, panas, serta asam yang tidak memiliki sifat pengoksidasi. Karet alam siklis mudah larut dalam pelarut aromatik dan cukup larut dalam pelarut alifatik, serta karet siklis memiliki ketahanan listrik yang tinggi sehingga dapat dijadikan isolator yang baik dalam industri elektronik

Tabel 1. 7 Spesifikasi Sifat Karet Alam Siklis

| <b>Komponen</b>                                | <b>Standar</b>            |
|------------------------------------------------|---------------------------|
| Bobot molekul                                  | 15400 - 79000             |
| Warna dan bentuk produk                        | Putih, serbuk halus       |
| Kelarutan                                      | Larut dalam pelarut karet |
| Bilangan iod (g I <sub>2</sub> /100 g polimer) | 185 - 267                 |

### 1.3.6 Pemilihan Teknologi Proses Pembuatan Karet Alam Siklis

Teknologi dari proses siklisasi atau pembuatan karet alam siklis sudah cukup banyak dikenal. Bentuk dari karet alam yang digunakan sebagai bahan baku pada proses pembuatan karet alam siklis yaitu karet alam padat atau lateks pekat. Metode dari siklisasi karet alam yang pertama kali ditemukan adalah dengan siklisasi karet alam padat, kemudian siklisasi pada larutan dari karet, dan siklisasi pada lateks pekat. Hasil maupun sifat dari karet alam siklis tidak tergantung pada metode pada saat proses siklisasi ataupun dari katalisnya, akan tetapi bergantung pada derajat

siklisasi yang dicapai. Metode dari proses siklisasi yang dapat dipilih dalam pembuatan karet alam siklis yaitu:

### **1. Siklisasi Karet Alam Padat**

Siklisasi karet alam padat dilakukan dengan cara mencampur karet alam padat dengan 10 bagian asam pada gilingan rol ganda atau pada mesin pencampur *banbury*. Karet siklo yang dihasilkan berdasarkan metode ini umumnya sukar larut dalam pelarut karet, atau sedikit larut dengan viskositas larutan yang relatif tinggi. Karet siklo ini biasanya digunakan sebagai bahan pengisi barang jadi karet, dengan tujuan untuk meningkatkan ketahanan kikis barang jadinya. Karet alam siklis yang diperoleh dari proses siklisasi karet alam dalam keadaan padat dapat digunakan sebagai bahan perekat, penempel karet pada logam atau pada permukaan halus lainnya.

### **2. Siklisasi Larutan Karet**

Karet alam siklis dari metode ini biasanya berupa serbuk putih hingga kuning kemerahan yang mempunyai viskositas larutan rendah yang digunakan sebagai bahan baku perekat, tinta cetak, cat tahan bahan kimia, dan pelapis tahan air. Katalis yang biasanya digunakan pada siklisasi larutan karet yaitu asam trikloroasetat, asam anhidrida, asam fluoroborat, boron triklorida, dan senyawa flourin. Pelarut yang digunakan untuk melarutkan karet yang diskalisasi adalah fenol yang mengandung katalis asam. Pada metode ini, karet alam siklis dapat digunakan sebagai bahan baku tinta cetak dan pelapis atau cat yang tahan terhadap panas dan bahan kimia.

### 3. Siklisasi keadaan lateks

Pada metode siklisasi ini asam sulfat pekat atau asam sulfat ditambahkan pada lateks alam yang sebelumnya telah dipekatkan dan telah ditambah bahan penstabil (*stabilizer*). Bahan penstabil dari golongan kationik atau non ionik ditambahkan pada lateks pekat, agar lateks tidak menggumpal ketika kontak dengan asam. Sifat dan mutu karet alam siklis yang dihasilkan tergantung pada konsentrasi katalis asam. Asam sulfat merupakan katalis asam yang paling efektif digunakan pada metode siklisasi lateks. Salah satu produk yang spesifik dari siklisasi lateks pekat adalah masterbatch karet siklis, yaitu campuran karet alam siklis dan karet alam dengan perbandingan 50/50 (w/w). Produk ini dapat dihasilkan dengan cara menambahkan lateks alam yang sudah distabilkan dengan bahan penstabil, pada lateks pekat yang sudah di siklisasi, lalu dituangkan pada air mendidih untuk memisahkan hasilnya.

Berdasarkan metode siklisasi yang telah dijelaskan di atas maka pemilihan teknologi proses karet siklo harus disesuaikan dengan potensi yang dimiliki. Teknologi proses karet siklo harus disesuaikan dengan potensi yang dimiliki. Teknologi proses dari karet alam siklis dengan bahan baku lateks dapat dikembangkan di Indonesia, mengingat Indonesia sebagai produsen karet alam kedua setelah Thailand. Maka dari itu, dipilih teknologi pengolahan karet alam siklis dari lateks pekat. Pengolahan pada keadaan lateks dapat dibagi ke dalam beberapa bagian, yaitu:

#### a) Lateks pekat

Lateks pekat merupakan lateks yang diperoleh dari hasil pemekatan lateks kebun dengan suatu metode pemekatan tertentu hingga dihasilkan kadar karet kering mencapai 60% dan tetap merupakan koloid yang stabil. Pemekatan lateks dapat dilakukan dengan empat metode, yaitu metode sentrifugasi, *creaming*, penguapan (evaporasi), dan elektrodekantasi. Dari empat metode tersebut, metode sentrifugasi merupakan metode yang paling lazim digunakan. Pemekatan lateks yang dilakukan dengan alat sentrifugasi dapat membuat kandungan nitrogen dalam lateks dapat berkurang. Prinsip pembuatan lateks pekat dengan cara sentrifugasi yaitu dengan berdasarkan pada perbedaan berat jenis antara partikel karet dan serum. partikel karet yang memiliki kecenderungan untuk naik kepermukaan. Partikel karet dalam lateks mengalami gerak *brown* karena terjadi gaya tolak menolak antara partikel karet yang bermuatan. Gerakan *brown* akan memperlambat terjadinya pemisahan antara partikel karet dan serum. Lateks kebun dimasukkan ke dalam alat sentrifugal yang akan mengarah keluar. Gaya sentrifugal jauh lebih besar dari percepatan gaya berat dan gerakan *brown*, sehingga akan terjadi pemisahan partikel karet dan serum. Lateks pekat yang keluar mengandung nilai KKK sekitar 60% dan lateks *skim* mengandung KKK 3-8%.

#### b) Lateks Depolimerisasi

Depolimerisasi merupakan reaksi pemutusan rantai molekul suatu polimer atau degradasi polimer melalui reaksi kimia. Ikatan rantai utama makromolekul yang mengalami pemutusan menyebabkan terjadinya

perubahan fisik polimer yang ditandai dengan pemutusan panjang rantai dan penurunan bobot molekul. Reaksi pada proses ini dapat terjadi pada gugus samping, namun pengaruhnya tidak sebesar dengan gugus utama. Perubahan dari sifat fisik dapat mengakibatkan pembentukan ikatan kimia baru melalui mekanisme ikatan silang sehingga konversi molekul menjadi lebih besar. Degradasi polimer dapat terjadi secara termal, mekanik, kimiawi, fotokimia, dan biodegradasi.

### c) Lateks Deproteinasi

Lateks pekat yang berprotein rendah atau lateks DPNR adalah lateks yang telah dikurangi kandungan proteinnya. Proses penurunan dari kandungan protein lateks disebut dengan deproteinasi. Deproteinasi dapat dilakukan dengan berbagai macam dengan hidrolisa kimiawi menggunakan basa dan dengan cara hidrolisis enzimatis dengan menggunakan enzim. Deproteinasi lateks yang dilakukan dengan enzimatis merupakan cara yang efisien karena dapat dihasilkan peptida yang kurang kompleks. Enzim yang umum digunakan dalam proses deproteinasi lateks adalah enzim protease. Papain merupakan salah satu enzim *protease* yang dapat menguraikan atau memecah protein menjadi asam amino. Protease berasal dari getah pepaya yang telah dikeringkan yang biasanya disadap dari buah pepaya muda. Protease mempunyai daya tahan panas lebih tinggi dibandingkan dengan enzim lain.

Tabel 1.8 Perbandingan Proses Pembuatan Karet Alam Siklis

| Parameter                     | Siklisasi Karet Alam Padat                                                                        | Siklisasi Larutan Karet                                                                                                                                       | Siklisasi Keadaan Lateks                                     |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| <b>Bahan Baku</b>             | Karet Alam Padat                                                                                  | Karet Alam                                                                                                                                                    | Lateks                                                       |
| <b>Katalis</b>                | Asam Sulfat, asam para toluen sulfonat                                                            | Asam trikloroasetat, asam anhidrida, asam fluoroborat, boron triklorida, senyawa flourin dari boron atau fosforus dan senyawa halida dari logam-logam amfoter | Asam sulfat, asam para toluen sulfonat dan sulfonil klorida. |
| <b>Kondisi Operasi</b>        | T = 125°C -145°C<br>t = 1- 4 jam                                                                  | T = 180°C<br>t = 3 jam                                                                                                                                        | T = 100°C<br>t = 2 jam                                       |
| <b>Reaksi</b>                 | Eksotermis                                                                                        | Eksotermis                                                                                                                                                    | Eksotermis                                                   |
| <b>Produk yang dihasilkan</b> | Sukar larut dalam pelarut karet, atau sedikit larut dengan viskositas larutan yang relatif tinggi | Berupa bubuk putih hingga kuning kemerahan, mempunyai viskositas larutan yang relatif rendah                                                                  | Serbuk berwarna putih                                        |

Jika dilihat dari setiap proses di atas baik lateks pekat, lateks DPNR maupun Depolimerisasi, nilai tambah jenis proses siklo terbesar diperoleh dari lateks DPNR sebagaimana yang disajikan pada tabel 1.9.

Tabel 1.9 Perbedaan Nilai Tambah Jenis Lateks

| Jenis Siklo            | Rendemen | Biaya Produksi (Rp/Kg) | Harga Jual (Rp/Kg) | Total Biaya Produksi (Rp) | Total revenue (Rp) | Nilai Tambah (Rp) |
|------------------------|----------|------------------------|--------------------|---------------------------|--------------------|-------------------|
| Lateks Pekat           | 87,34    | 16.096,80              | 30.716,74          | 1.405.894,51              | 2.682.800,07       | 1.276.905,56      |
| Lateks DPNR            | 91,24    | 18.836,26              | 34.407,90          | 1.718.620,36              | 3.139.376,80       | 1.420.756,43      |
| Lateks Depoli merisasi | 97.02    | 17,345.30              | 29,522.91          | 1,682,841.01              | 2,864,312.73       | 1,181,471.72      |

Sumber : Kusumastuti, 2007

Tabel 1.10 Perbedaan Hasil Proses Jenis Lateks

| Hasil                              | Lateks DPNR | Lateks Pekat | Lateks Depolimerisasi |
|------------------------------------|-------------|--------------|-----------------------|
| Ketahanan Kikis (mm <sup>3</sup> ) | 122,5       | 211,8        | 139,05                |
| Rendemen                           | 91,24       | 87,34        | 97,92                 |
| Kelarutan                          | 7,85        | 9,7          | 10                    |
| Bobot Jenis (g/cm <sup>3</sup> )   | 0,9665      | 1,009        | 1,0025                |
| Ketahanan Retak Lentur (Kcs)       | 35          | 20           | 10                    |

Sumber : Kusumastuti, 2007

Karet alam siklis dapat dibuat dari lateks DPNR, lateks pekat, dan lateks depolimerisasi. Karet alam siklis dengan bahan baku dari berbagai jenis lateks mempunyai kelebihan dan kelemahan masing-masing dari sifat fisika, kimia, dan biaya. Karet alam siklis dengan bahan baku lateks DPNR mempunyai nilai ketahanan kikis dan ketahanan retak lentur yang paling baik dibandingkan yang lainnya. Selain itu, bobot jenis dari lateks DPNR lebih baik daripada lateks lainnya.

Maka proses terpilih untuk membuat karet siklo adalah dengan menggunakan bahan baku lateks kebun yang diubah terlebih mengalami proses penurunan kadar protein dengan memutus ikatan protein dalam lateks yang dikenal dengan lateks DPNR, karena lateks DPNR juga memiliki nilai tambah yang paling tinggi dibandingkan jenis lateks yang lain. Untuk mengetahui perbedaan karakter DPNR dari lateks kebun (DPNR-LK) dan lateks pekat (DPNR-LP) dan keunggulan DPNR atas karet alam biasa, dilakukan karakteristik meliputi pengujian sifat teknis karet mentah, karakter vulkanisasi komponen ASTM-1A, dan pengujian sifat teknis vulkanisatnya, dengan parameter dan metode yang biasa digunakan dalam karakterisasi karet alat.

Tabel 1.11 Sifat Teknis Lateks DPNR

| Sifat Teknis                 | DPNR-LK | DPNR-LP | Karet-LK | Karet-LP |
|------------------------------|---------|---------|----------|----------|
| Nitrogen, %                  | 0,07    | 0,06    | 0,46     | 0,33     |
| Abu, %                       | 0,27    | 0,29    | 0,27     | 0,28     |
| Kotoran, %                   | 0,006   | 0,007   | 0,006    | 0,005    |
| Zat menguap, %               | 0,40    | 0,38    | 0,34     | 0,40     |
| Po                           | 42,0    | 49,7    | 38,5     | 39,5     |
| PRI                          | 73,3    | 67,5    | 79,2     | 88,6     |
| ASHT                         | 12,5    | 8,5     | 15,5     | 16,0     |
| Warna, LAU                   | 4       | 4       | 3,5      | 4,5      |
| Ekstrak aston, %             | 2,82    | 2,71    | 3,47     | 3,25     |
| Modulus torsi maks, kg-cm    | 66,0    | 64,5    | 50,0     | 55,5     |
| Modulus torsi min, kg-cm     | 17,5    | 15,0    | 14,4     | 14,2     |
| Waktu vulkanisasi opt, menit | 12,75   | 11,25   | 17,00    | 16,25    |

|                             |      |      |      |      |
|-----------------------------|------|------|------|------|
| Waktu pravulkanisasi, menit | 0,75 | 1,00 | 2,25 | 2,25 |
| Kadar nitrogen, %           | 0,07 | 0,06 | 0,46 | 0,33 |

*Sumber: Alfa, A.A., Sailah, I. and Pandji, C., 2010.*

Tabel 1.12 Sifat fisika vulkanisat lateks DPNR

| Sifat-Sifat                      | DPNR-LK | DPNR-LP | Karet-LK | Karet-LP |
|----------------------------------|---------|---------|----------|----------|
| Kuat tarik, N/mm <sup>2</sup>    | 30,6    | 34,6    | 26,0     | 24,5     |
| Kekerasan, Shore A               | 36      | 37      | 34       | 33       |
| Modulus 300%, M/mm <sup>2</sup>  | 1,6     | 1,7     | 1,3      | 1,3      |
| Perpanjangan putus, %            | 890     | 890     | 900      | 920      |
| Kalor timbul, perubahan suhu, °C | 6,3     | 6,5     | 8,3      | 7,5      |
| Kadar nitrogen, %                | 0,07    | 0,06    | 0,46     | 0,33     |

*Sumber: Alfa, A.A., Sailah, I. and Pandji, C., 2010.*

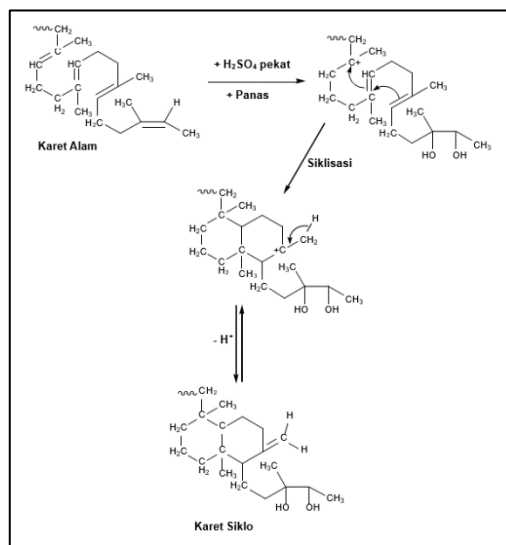
Berdasarkan pada data yang ada, pemakaian dari lateks pekat sebagai bahan baku dalam pembuatan DPNR tidak mempunyai kelebihan, jika menggunakan lateks pekat sebagai bahan baku, dapat dihasilkan DPNR yang kadar nitrogennya sebanding dengan DPNR dari lateks kebun. Sebelum digunakan lateks harus dipekatkan terlebih dahulu selanjutnya diperlakukan sama dengan bahan baku dari lateks kebun. Untuk meningkatkan efisiensi proses dan menghemat biaya, maka dari itu pembuatan DPNR dari lateks kebun merupakan pilihan yang tepat untuk dipilih.

Dari ketiga tabel hasil karakterisasi DPNR dapat dilihat bahwa diantara kedua DPNR, maka sifat teknis, karakter dari vulkanisasi, dan sifat fisika DPNR yang nitrogennya sedikit lebih rendah tentunya lebih baik daripada karet dengan

kadar nitrogen yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa semakin rendah kadar nitrogen karet alam, maka sifatnya akan semakin baik. Apabila deproteinasi dari karet alam dapat dilakukan secara mudah, sederhana, dan ekonomis, maka proses pengolahan karet alam yang berprotein rendah merupakan kegiatan yang menguntungkan. Penurunan kadar nitrogen karet alam melalui hidrolisis protein secara enzimatik relatif mudah, sederhana dan dilakukan pada keadaan lateks.

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

Karet alam siklis dibuat melalui reaksi siklisasi. Siklisasi merupakan perubahan bentuk struktur suatu rantai lurus menjadi rantai siklis (cincin). Reaksi siklisasi karet alam diawali dengan reaksi isomerisasi. Struktur cincin atau siklis dapat terbentuk karena adanya pemanasan dan penambahan katalis asam sulfat pada lateks, reaksi ini menyebabkan ikatan rangkap pada struktur molekul karet terputus dan saling berikatan. Mekanisme reaksi siklisasi dari karet alam berhubungan dengan protonasi ikatan rangkap secara acak. Pada tahap pertama akan terbentuk ion karbonium yang disebabkan oleh adanya donor proton yaitu dari asam sulfat sebagai katalis yang bersifat asam. Tahap kedua yaitu terbentuknya struktur monosiklik atau polisiklik akibat adanya ion karbonium tidak stabil yang tersiklisasi. Setelah itu, karet alam siklis dengan struktur polisiklik merupakan produk akhir dari reaksi siklisasi karet alam. Berikut ini merupakan reaksi yang terjadi pada proses pembuatan karet alam siklisasi



Gambar 1. 6 Reaksi Siklisasi Karet Alam

### 1. Tinjauan Kinetika

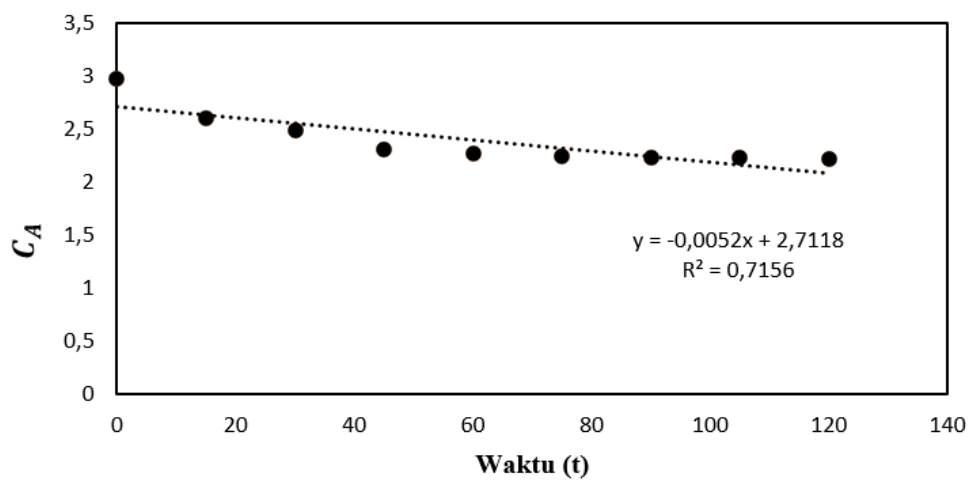
Menurut hukum Arrhenius, konstanta kecepatan reaksi ( $k$ ) dinyatakan dengan rumus  $k = A \exp\left(\frac{-E}{RT}\right)$ . Nilai  $k$  akan semakin besar dengan adanya kenaikan suhu atau temperatur sehingga kecepatan reaksi akan naik. Namun, karena reaksi pembentukan karet alam siklis merupakan reaksi eksoterm maka dalam memilih suhu harus dilakukan pembatasan oleh tinjauan termodinamika. Oleh sebab itu, reaksi siklisasi perlu adanya kontrol suhu agar operasinya menjadi lebih stabil. Berdasarkan hasil penelitian (Prastanto, H., 2011), diperoleh bilangan iod sampel selama siklisasi dengan perbedaan waktu yang berbeda-beda.

Tabel 1.13 Data Kinetika Siklisasi

| Waktu,<br>(menit) | Bilangan iod sampel<br>(g I/100 g sampel) | $C_A$<br>(kmol/m <sup>2</sup> ) | $\frac{1}{C_A}$ | $\ln \left( \frac{C_{A0}}{C_A} \right)$ |
|-------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|-----------------|-----------------------------------------|
|                   | C95                                       |                                 |                 |                                         |
| 0                 | 267,994                                   | 2,974                           | 0,336           | 2,180                                   |
| 15                | 234,561                                   | 2,603                           | 0,384           | 2,046                                   |
| 30                | 224,510                                   | 2,492                           | 0,401           | 2,00                                    |
| 45                | 208,347                                   | 2,312                           | 0,432           | 1,928                                   |
| 60                | 204,258                                   | 2,267                           | 0,441           | 1,908                                   |
| 75                | 202,699                                   | 2,249                           | 0,444           | 1,900                                   |
| 90                | 201,253                                   | 2,233                           | 0,447           | 1,893                                   |
| 105               | 201,535                                   | 2,236                           | 0,447           | 1,895                                   |
| 120               | 199,948                                   | 2,219                           | 0,450           | 1,887                                   |

Berdasarkan data pada tabel diatas, dapat dilakukan plotting pada persamaan order 0, order 1, dan order 2.

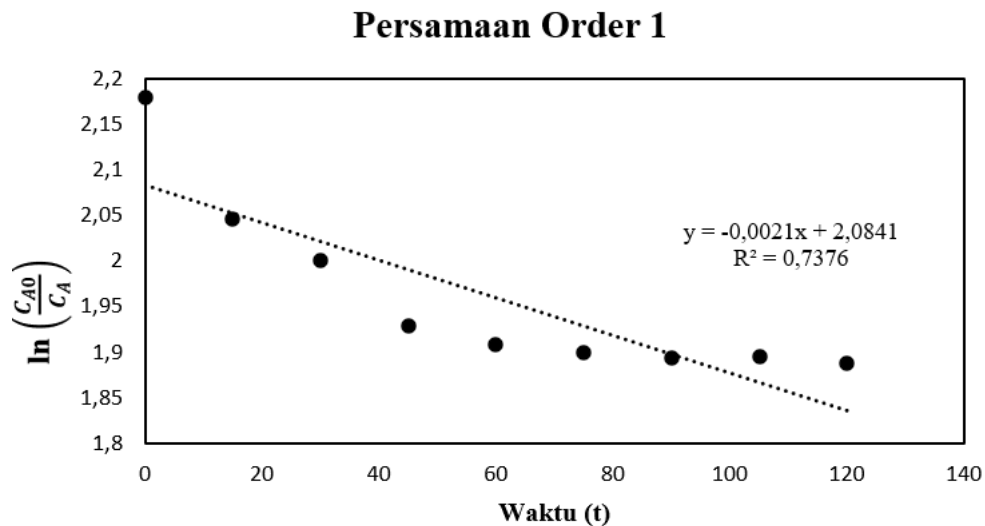
### Persamaan Order 0



Gambar 1. 7 Grafik Persamaan Order 0

Grafik persamaan order 0 didapatkan dari plotting nilai waktu (t) dengan  $C_A$ .

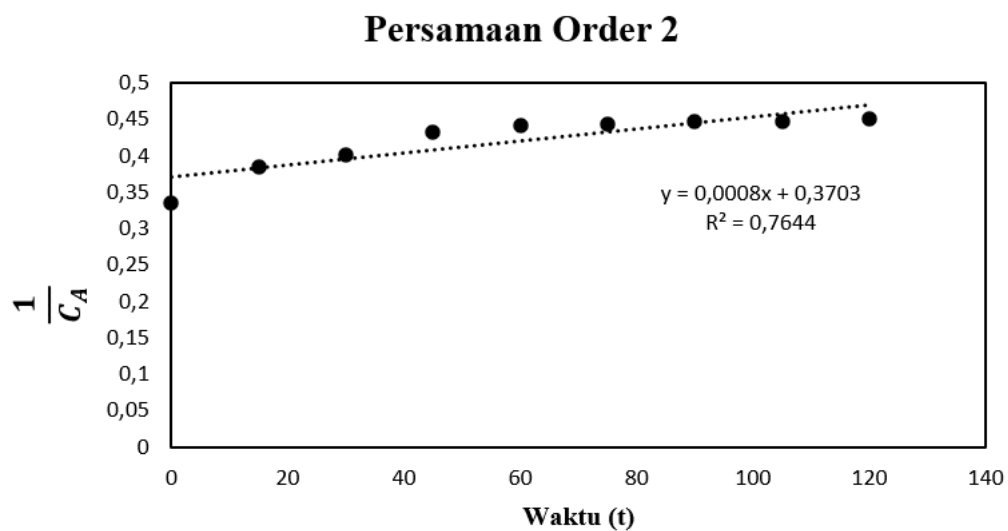
Didapatkan persamaan  $y = -0,0052x + 2,7118$  dan  $R^2$  sebesar 0,7156.



Gambar 1. 8 Grafik Persamaan Order 1

Grafik persamaan order 1 didapatkan dari plotting nilai waktu (t) dengan

$\ln \left( \frac{C_{A0}}{C_A} \right)$ . Didapatkan persamaan  $y = -0,0021x + 2,0841$  dan  $R^2$  sebesar 0,7376.



Gambar 1. 9 Grafik Persamaan Order 2

Grafik persamaan order 2 didapatkan dari plotting nilai waktu ( $t$ ) dengan  $\frac{1}{c_A}$ .

Didapatkan persamaan  $y = -0,0008x + 0,3703$  dan  $R^2$  sebesar 0,7644.

Dari gambar grafik yang telah disajikan persamaan order 2 terlihat nilai yang semakin naik, sehingga reaksi yang diambil adalah reaksi order 2. Oleh karena itu, nilai  $k$  dapat ditentukan dari slope pada persamaan order 2 yaitu sebesar 0,000834.

## 2. Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika dilakukan untuk mengetahui sifat dari suatu reaksi (endotermis /eksotermis) dan reaksi dapat bereaksi secara spontan atau tidak spontan, serta arah reaksi (*reversible/irreversible*). Penentuan sifat reaksi dapat ditentukan dengan perhitungan panas pembentukan standar ( $\Delta H_f^\circ$ ) dan energi gibbs.

### a. Panas Reaksi

Panas reaksi yang dihasilkan selama proses berlangsungnya reaksi kimia. Besar atau kecilnya nilai dari  $\Delta H$  tersebut menunjukkan jumlah energi yang dibutuhkan maupun dihasilkan  $\Delta H$  bernilai positif (+). Hal tersebut menunjukkan bahwa reaksi tersebut membutuhkan panas untuk berlangsungnya reaksi sehingga semakin besar nilai  $\Delta H$  maka semakin besar juga energi yang dibutuhkan. Sedangkan, jika  $\Delta H$  bernilai negatif (-) menunjukkan bahwa reaksi tersebut menghasilkan panas selama proses berlangsungnya reaksi. Tinjauan termodinamika ditujukan untuk mengetahui apakah reaksi bersifat eksotermis atau reaksi endotermis, reaksi

spontan atau tidak spontan, dan reaksi berlangsung secara *reversible* atau *irreversible*.

Kondisi operasi :

Suhu  $= 95\text{ }^{\circ}\text{C} = 368\text{ K}$

Tekanan  $= 1\text{ atm}$

Pada pembuatan karet alam siklis, reaksi siklisasi bersifat eksotermis khususnya pada awal reaksi, sehingga pendinginan diperlukan untuk mencegah panas yang terlalu tinggi. Reaksi siklisasi bersifat eksotermis yaitu 810 - 905 kJ/mol panas yang dilepas. (Riyajan, S. and Sakdapipanich, J.T., 2009)

## BAB II

### PERANCANGAN PRODUK

#### 2.1 Spesifikasi Produk

##### 2.1.1 Sifat Fisis Produk

Tabel 2. 1 Sifat Fisis Produk

|                                              |                                                        |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Rumus kimia                                  | $(C_{20}H_{32}O_2)_n$                                  |
| Berat molekul (gram/gmol)                    | 104 - 107                                              |
| Wujud                                        | Serbuk berwarna putih                                  |
| Densitas (g/L)                               | 0,96                                                   |
| Viskositas (cP)                              | 1000                                                   |
| Titik beku ( $^{\circ}C$ )                   | Bervariasi (-50 sampai -20)                            |
| Titik leleh ( $^{\circ}C$ )                  | 180 - 510                                              |
| Titik didih ( $^{\circ}C$ )                  | 145 isomer cis-siklooktena - 5000 dekomposisi lignin   |
| Suhu transisi kaca/ $T_g$ ( $^{\circ}C$ )    | 102,82                                                 |
| Suhu transisi kristal/ $T_c$ ( $^{\circ}C$ ) | 362,45                                                 |
| % Kemurnian                                  | 90 - 93                                                |
| Kelarutan                                    | Larut dalam pelarut karet (indeks polaritas 2,4 - 4,4) |
| Bilangan iod (g $I_2$ /100 g polimer)        | 185 - 267                                              |

##### 2.1.2 Sifat Kimia Produk

Dalam proses siklisasi terjadi pengurangan ikatan rangkap dalam struktur molekul yang berhubungan dengan pembentukan struktur cincin. Proses siklisasi yang ideal akan menghasilkan struktur cincin yang tidak lagi memiliki ikatan rangkap dalam struktur molekulnya. Siklisasi karet alam merupakan reaksi

pembentukan cincin enam karbon intramolekuler cis-1,4-poliisoprena menghasilkan karet alam siklis. Pada proses siklisasi yang terjadi melibatkan senyawa asam atau katalis *Friedel-Craft*.

Perubahan karet alam menjadi resin merupakan reaksi dimana terjadi proses pengurangan jumlah ikatan rangkap pada poliisoprena yang diikuti dengan pembentukan struktur siklis dan tidak terjadi perubahan rumus empiris pada karet,  $(C_5H_8)_n$ . Rata-rata ukuran struktur siklis yang terbentuk selama proses siklisasi bahwa tidak tergantung pada konsentrasi karet dan katalisnya tetapi ditentukan oleh temperatur reaksi siklisasi. Karet alam siklis memiliki sifat daya rekat yang baik sehingga penggunaan utama dari produk ini untuk bahan baku cat, perekat, dan pelapis (Cifriadi, A., Budianto, E. and Alfa, A.A., 2011).

## 2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

### 2.2.1 Bahan Baku

#### 1. Lateks Alam

##### a. Sifat Fisis

Tabel 2. 2 Sifat fisis lateks

|                                  |                                  |
|----------------------------------|----------------------------------|
| Rumus kimia                      | $(C_5H_8)_n$                     |
| Warna                            | Tidak berwarna biru atau abu-abu |
| Kadar karet kering (%)           | 60,5                             |
| Kadar jumlah padatan (%)         | 61,5                             |
| Kadar bahan non karet (%)        | 1,0                              |
| Waktu kemantapan mekanik (detik) | 650                              |

b. Sifat Kimia

- Merupakan suatu bahan semi cairan alamiah atau suatu cairan dengan kekentalan yang sangat tinggi.
- Lateks dapat meningkat viskositasnya atau menjadi keras
- Ketahanan terhadap minyak dan pelarut hidrokarbon sangat buruk
- Lateks mudah untuk dilengketkan satu sama lain
- Rantai molekulnya panjang
- Tidak tahan terhadap ozon dan matahari.

### 2.2.2 Bahan Pendukung

#### 1. Asam Sulfat

a. Sifat Fisis

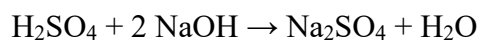
Tabel 2. 3 Sifat fisis asam sulfat

|                              |                                |
|------------------------------|--------------------------------|
| Rumus molekul                | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> |
| Berat molekul (gram/gmol)    | 98,08                          |
| Wujud                        | Cair                           |
| Warna                        | Tidak berwarna                 |
| Viskositas (cp)              | 26,7                           |
| Titik didih pada 1 atm (° C) | 340                            |
| Titik leleh pada 1 atm (° C) | 10,49                          |
| <i>Specific gravity</i>      | 1,834                          |
| Kemurnian (%)                | 98 (Pada suhu 25 ° C)          |
| Sifat                        | Korosif                        |

## b. Sifat Kimia

- Dengan basa membentuk garam dan air

Reaksi:



- Dengan alkohol membentuk eter dan air

Reaksi:



## 2. Surfaktan Emulgen

## a. Sifat Fisis

Tabel 2. 4 Sifat Fisis Surfaktan

|                                                           |                                                      |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Rumus Kimia                                               | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{OSO}_3\text{Na}$ |
| Bentuk                                                    | Cairan                                               |
| Warna                                                     | Tidak berwarna sampai kuning pucat                   |
| Bau                                                       | Sedikit bau khas                                     |
| Titik beku ( $^{\circ}\text{C}$ )                         | 1                                                    |
| Titik nyala ( $^{\circ}\text{C}$ )                        | 242                                                  |
| pH (larutan 5%)                                           | 6                                                    |
| Viskositas dinamis pada suhu $20^{\circ}\text{C}$ (mPa.s) | 99                                                   |
| Kepadatan pada suhu $20^{\circ}\text{C}$ (g/ml)           | 1,012                                                |
| Kelarutan dalam air                                       | Sangat larut                                         |

### 3. Enzim *Protease* (Protease)

#### a. Sifat Fisis

Tabel 2. 5 Sifat Fisis *Protease*

|                                            |                  |
|--------------------------------------------|------------------|
| Bentuk                                     | Bubuk padatan    |
| Warna                                      | Kuning keputihan |
| pH (dalam larutan air 10 g/l, suhu 20 ° C) | 4,8 - 6,2        |
| Kelarutan                                  | Larut dalam air  |
| Massa molar (gram/mol)                     | 23,350           |

#### b. Sifat Kimia

- Protease stabil pada kondisi suhu dan tekanan lingkungan normal dan penyimpanan serta penanganan yang diantisipasi.
- Dapat bereaksi keras dengan pengoksidasi kuat.

### 4. Air

#### a. Sifat Fisis

Tabel 2. 6 Sifat Fisis Air

|                         |                  |
|-------------------------|------------------|
| Rumus Kimia             | H <sub>2</sub> O |
| Bentuk                  | Cair             |
| Warna                   | Tidak berwarna   |
| pH                      | 7                |
| Titik didih (° C)       | 100              |
| Temperatur kritis (° C) | 374,1            |
| Tekanan kritis (atm)    | 218,3            |

Tabel 2.6 Lanjutan

|                                  |                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tekanan uap (mmHg)               | 17,535                                                                                                                                                                |
| Tekanan uap (suhu 50° C), (mmHg) | 92,51                                                                                                                                                                 |
| Kepadatan relatif                | 1                                                                                                                                                                     |
| Berat jenis/kepadatan (gram/ml)  | 0,99823                                                                                                                                                               |
| Massa molekul (gram/mol)         | 18                                                                                                                                                                    |
| Viskositas, dinamis (cP)         | 1,002                                                                                                                                                                 |
| Kelarutan                        | Larut dalam asam asetat, aseton, amonia, amonium klorida, etanol, gliserol, asam klorida, metanol, asam nitrat, asam sulfat, propilen glikol, dan natrium hidroksida. |

## b. Sifat Kimia

- Air memiliki sifat polar karena memiliki muatan positif pada atom hidrogen dan muatan negatif pada atom oksigen. Hal ini menyebabkan air dapat larut dalam zat polar seperti garam, gula, dan asam.
- Air memiliki kemampuan menetralkan yang berarti air dapat menyeimbangkan pH zat lain di sekitarnya. Air dapat bersifat basa atau asam, tergantung pada zat yang bereaksi dengannya.
- Air dapat bereaksi dengan asam atau basa untuk membentuk ion hidrogen dan ion hidroksida. Air dapat bertindak sebagai asam atau basa, tergantung pada zat yang bereaksi dengannya.
- Air memiliki kekuatan adhesi dan kohesi yang tinggi. Kekuatan adhesi ini mengacu pada kemampuan air untuk menempel pada permukaan lain,

sedangkan kekuatan kohesi mengacu pada kemampuan air untuk menempel pada dirinya sendiri.

- Air dapat bereaksi dengan zat-zat yang mudah teroksidasi, seperti logam untuk membentuk oksida logam.
- Air memiliki kapasitas kalor yang tinggi, yang berarti air dapat menyerap atau melepaskan panas dengan sangat lambat. Hal ini membuat air dapat berperan sebagai pendingin atau pemanas dalam sistem pendingin atau pemanas.

## 5. Ammonium Hydroxide

### a. Sifat Fisis

Tabel 2. 7 Sifat Fisis Ammonium Hydroxide

|                              |                    |
|------------------------------|--------------------|
| Rumus Kimia                  | NH <sub>4</sub> OH |
| Berat molekul (kg/kmol)      | 17,03              |
| Kalor Penguapan (KJ/g)       | 1,37               |
| Titik beku (° C)             | -77,7              |
| Fase                         | Cair               |
| Kondisi penyimpanan          | 30 °C dan 1 atm    |
| Kapasitas panas (kkal/kg °C) | 1,0643             |
| Temperatur kritis (Tc), (°C) | 306,460            |
| Spesifik gravity (Sg)        | 0,8989             |

### b. Sifat Kimia

- Amonia dapat membentuk suatu campuran yang mudah terbakar terhadap udara dengan nilai ambang batas (16-25%)
- Jika meledak, ledakan dari amonia dapat semakin meluas apabila mengalami kontak langsung dengan oksigen pada temperatur dan tekanan yang tinggi di atmosfer.
- Amonia dapat mengalami reaksi oksidasi pada suhu  $750^{\circ}\text{C}$  -  $800^{\circ}\text{C}$
- Oksidasi  $\text{NH}_3$  pada suhu tinggi dapat menghasilkan nitrogen dan air
- Amonia di dalam air dapat sebagai gas amonia yang terlarut ( $\text{NH}_3$ ) dan ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) sehingga total amonia di dalam air adalah jumlah dari  $\text{NH}_3$  ditambah dengan  $\text{NH}_4^+$

## 6. Asam Format

### a. Sifat Fisis

Tabel 2. 8 Sifat Fisis Asam Format

| Sifat Fisis                                 | Asam Format                                 |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Rumus Kimia                                 | $\text{CH}_2\text{O}_2$ atau $\text{HCOOH}$ |
| Wujud                                       | Cair                                        |
| Berat molekul (gr/gmol)                     | 46,026                                      |
| Densitas ( $\text{kg/m}^3$ )                | 1,22                                        |
| Kapasitas panas ( $\text{J/molK}$ )         | 45,218                                      |
| <i>Melting point</i> ( $^{\circ}\text{C}$ ) | 8,6                                         |
| <i>Boiling point</i> ( $^{\circ}\text{C}$ ) | 101                                         |

Tabel 2.8 Lanjutan

|                      |       |
|----------------------|-------|
| Viskositas           | 1,641 |
| Kemurnian (%)        | 85    |
| Suhu kritis (°C)     | 307   |
| Tekanan kritis (atm) | 217,6 |

## b. Sifat Kimia

- Mudah larut dalam aseton, air dingin, air panas, dietil eter, benzena, dan gliserol.
- Asam dan mudah terbakar.
- Mereduksi hidroksimetil amin menjadi senyawa amina  

$$R_2NCH_2OH + HCOOH \rightarrow R_2NCH_3 + H_2O + CO_2$$
- Dapat bereaksi dengan olefin dengan adanya hidrogen peroksida yang dapat membentuk glikol format.

**2.3 Pengendalian Kualitas**

Pengawasan dan pengendalian produk merupakan salah satu parameter penting dalam menjaga kualitas produk. Tujuan dilakukannya hal tersebut adalah untuk menjaga stabilitas produk dan mengetahui proses-proses dalam pembuatan produk berjalan sesuai rencana atau sebaliknya. Apabila dalam proses produksi ditemukan masalah, maka dapat dilakukan pengendalian secepatnya guna meminimalisir masalah menjadi semakin besar sehingga tidak mengakibatkan terjadinya penurunan kualitas dan mutu produk.

Kualitas merupakan salah satu hal yang sangat penting dan merupakan daya tarik bagi konsumen terhadap suatu produk, sehingga dapat mempertahankan

kualitas produk merupakan salah satu hal yang sangat penting untuk mendapatkan perhatian khusus dalam pendirian pabrik. Dalam memenuhi kualitas produk yang memenuhi standar maka perlu membutuhkan kualitas yang sesuai dengan standar proses yang telah ditetapkan, pengawasan, serta pengendalian terhadap proses melalui sistem kontrol produk yang memiliki kualitas sehingga produk dapat dipasarkan. Agar dapat mempertahankan mutu produk agar sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, maka dari itu perlu diperhatikan:

### **2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku**

Pengendalian kualitas bahan baku dilakukan sebelum bahan baku memasuki proses produksi dengan beberapa pengujian yang dilakukan terhadap bahan baku. Tujuan dari pengendalian kualitas bahan baku adalah untuk menjamin bahan baku yang digunakan sesuai dengan spesifikasi bahan baku proses produksi. Dalam hal ini Lateks, Asam Sulfat, Protease, dan Amonium Hydroxide dilakukan beberapa pengujian untuk dipastikan apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan atau belum.

### **2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses**

Pengendalian kualitas proses pada produksi pabrik karet alam siklis ini menggunakan sistem kontrol otomatis yang dikendalikan dalam *control room*. Pengendalian yang dilakukan meliputi kontrol aliran dan kondisi operasi. *Controller* nantinya akan memberikan penanda baik berupa bunyi maupun nyala lampu agar operator dapat segera melakukan tindakan perbaikan ketika mendapatkan penanda tersebut untuk memperbaiki proses produksi berjalan dengan baik seperti semula. Dibawah ini beberapa alat kontrol yang digunakan :

a. *Level Controller*

Alat ini digunakan untuk mengatur ketinggian (*level*) pada suatu cairan dalam suatu alat. Pengukuran ini dilakukan dengan operasi *control valve* yang mengatur laju cairan masuk atau keluar dari suatu proses.

b. *Flow Controller*

Alat ini digunakan untuk mengendalikan aliran yang masuk dan keluar agar kecepatan aliran fluida dalam suatu pipa atau unit proses lainnya dapat diatur. *Controller* ini memanfaatkan sinyal *pneumatic* yang diubah menjadi sinyal elektrik yang diterima oleh *control valve* yang diubah lagi menjadi sinyal *pneumatic* sehingga dapat menggerakkan *valve*. Sehingga prinsip kerja dari alat ini adalah memanfaatkan perbedaan tekanan dan dikalibrasikan sesuai dengan parameter yang ditentukan.

c. *Temperature Controller*

Alat ini digunakan untuk mendeteksi suhu dari suatu bahan atau alat yang biasanya memiliki *set point* suhu yang telah ditetapkan. Apabila suhu dari suatu bahan baku maupun alat diukur melebihi ataupun kurang dari nilai *set point*, alat ini akan memberikan sinyal untuk memberikan penanda supaya operator dapat melakukan tindakan perbaikan dengan segera.

d. *Pressure Controller*

Alat ini digunakan untuk mengamati suatu tekanan dari operasi yang akan memberikan sinyal peringatan apabila terjadi perubahan atau penyimpangan dari nilai *set point* tekanan yang telah ditetapkan.

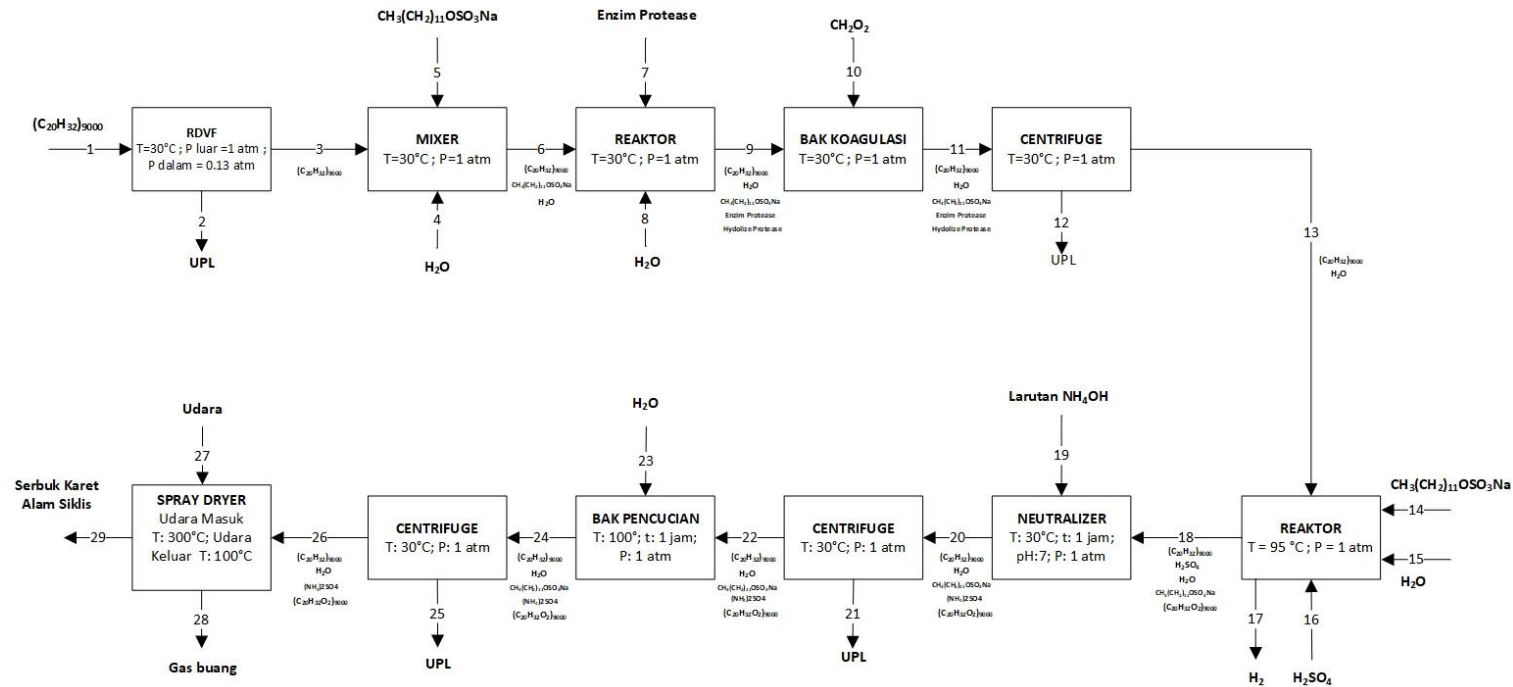
### **2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk**

Pengawasan dan pengendalian produk dilakukan untuk menjaga kualitas hasil produk dan dilakukan dari tahap bahan baku menjadi sebuah produk. Tujuan dari pengendalian kualitas produk adalah untuk memastikan produk karet alam siklis telah sesuai dengan standar dari segi mutu dan spesifikasi produk. Pengendalian ini dilakukan melalui beberapa pengujian terhadap produk karet alam siklis seperti uji kemurnian, uji komposisi dan sebagainya.

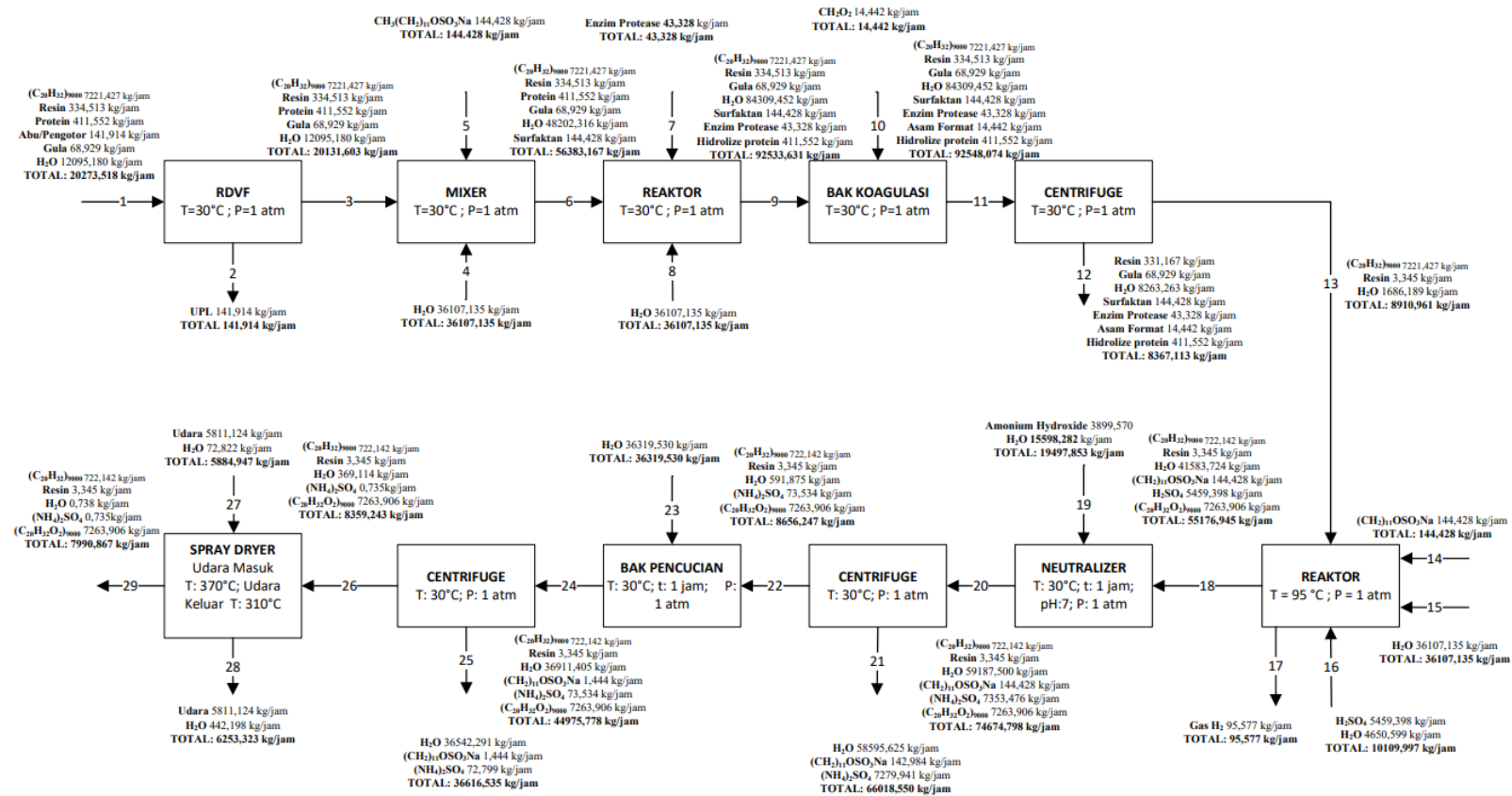
## BAB III

### PERANCANGAN PROSES

#### 3.1 Diagram Alir Proses dan Material



Tabel 3. 1 Diagram alir kualitatif



Tabel 3. 2 Diagram alir kuantitatif

### 3.2 Uraian Proses

Produksi karet alam siklis dari bahan baku lateks kapasitas 70.000 ton/tahun dengan metode siklisasi dibagi menjadi beberapa tahapan dalam prosesnya, yaitu: tahap pertama yang dilakukan dengan proses deproteinasi dan tahap kedua mengolah lateks DPNR menjadi karet alam siklis. Bahan baku awal yang digunakan dalam produksi karet alam siklis yaitu lateks kebun yang kemudian diolah menjadi lateks DPNR untuk dijadikan sebagai bahan baku pada pembuatan karet alam siklis. Karet alam siklis dibuat dengan memodifikasi karet alam secara kimia melalui reaksi siklisasi. Siklisasi merupakan proses perubahan bentuk struktur rantai molekul dari keadaan rantai lurus menjadi rantai siklik (cincin).

Proses siklisasi dilakukan dengan bantuan katalis asam. Asam yang digunakan yaitu asam sulfat sebagai katalis. Asam sulfat digunakan sebagai katalis dikarenakan asam sulfat mudah diperoleh dan memiliki harga yang murah. Kadar asam sulfat yang digunakan sebanyak 70%. Sebelum proses siklisasi dilakukan perlu adanya penambahan surfaktan emulgen sebanyak 2 bsk. Penambahan surfaktan bertujuan untuk menghindari terjadinya gumpalan lateks yang disebabkan karena turunnya pH pada saat penambahan asam sulfat. Pada saat turunnya pH dapat menyebabkan gaya tolak menolak antar partikel karet menjadi terganggu sehingga menyebabkan lateks menggumpal. Hasil akhir dari produk karet alam siklis bermacam-macam tergantung dari derajat siklisasinya, seperti: bahan menyerupai karet (*rubbery*), bahan menyerupai karet yang keras (*hard rubbery*), dan bahan menyerupai serbuk (*powdery*). Karet alam siklis yang dihasilkan dari proses siklisasi lateks DPNR berupa serbuk berwarna putih.

## Tahap 1

Lateks DPNR diperoleh melalui proses deproteinasi. Proses deproteinasi merupakan proses dengan penghilangan atau penurunan protein pada karet.

Tahapan yang dilakukan dalam proses deproteinasi, yaitu:

- a. Lateks kebun disaring terlebih dahulu untuk memisahkan kotoran yang terdapat di dalam lateks.
- b. Lateks ditambahkan surfaktan emulgen sebanyak 2 bsk. Surfaktan emulgen yang ditambahkan yaitu surfaktan terik. Surfaktan ini digunakan untuk mencegah prakoagulasi lateks dan menstabilkan lateks agar tidak menggumpal.
- c. Selanjutnya, lateks diencerkan sampai mengandung kadar KKK lateks sebesar 10%.
- d. Setelah diencerkan, lateks ditambahkan dengan enzim protease sebanyak 0,06 bsk. Tujuan ditambah enzim protease untuk menghidrolisis protein di dalam lateks sehingga dapat dihasilkan lateks yang berkadar protein rendah.
- e. Kemudian, lateks diinkubasi selama  $\pm 24$  jam pada suhu ruangan. Hal tersebut dilakukan agar enzim protease dapat bekerja secara optimal. Enzim protease akan menghidrolisis protein yang terdapat di dalam lateks.
- f. Lateks dipisahkan dengan alat sentrifuge yang berguna untuk memisahkan lateks dari serum sehingga mencapai KKK sebesar  $\pm 60\%$ .
- g. Dihasilkan lateks yang dikenal dengan lateks DPNR lalu dilakukan analisis lagi terkait nilai KKK, kadar jumlah padatan, kadar nitrogen, dan viskositas *mooney*.

## Tahap 2

Pada tahap yang kedua, lateks kebun yang telah diolah menjadi lateks DPNR mengalami proses pengolahan berikutnya. Tahapan yang dilakukan, yaitu:

- a. Lateks DPNR yang telah diketahui KKK ditambahkan dengan emulgen sebanyak 2 bsk. Proses penambahan emulgen dilakukan untuk mencegah penggumpalan saat kontak langsung dengan asam sulfat teknis. Selain itu, lateks DPNR diberi senyawa asam sulfat teknis untuk proses siklisasi lateks. Penambahan asam sulfat pada lateks DPNR dilakukan berdasarkan perbandingan berat antara lateks DPNR dengan asam sulfat sebesar 1 : 1,4 (w/w).
- b. Kemudian, campuran lateks DPNR yang sudah dicampur dengan asam sulfat dipanaskan pada suhu 100 °C selama 2 jam sambil diaduk perlahan agar terjadi pemutusan rantai lateks dari rantai panjang menjadi rantai berstruktur cincin yang dapat ditandai dengan perubahan warna dari putih menjadi ungu (terjadi proses siklisasi).
- c. Lateks yang telah mengalami proses siklisasi, kemudian dicuci dengan air panas pada komposisi 1 : 5. Proses pencucian ini dilakukan untuk mencuci atau menghilangkan asam sulfat yang terkandung di dalam campuran. Campuran yang dihasilkan berupa *dispers* yang membentuk butiran berwarna putih.
- d. Proses yang dilakukan berikutnya yaitu penetralan dengan amonia. Penetralan amonia dilakukan untuk menghilangkan kelebihan asam sulfat

sampai diperoleh pH netral. Kemudian, dispersi tersebut dicuci kembali dengan air panas untuk menghilangkan sisa asam sulfat dan garam.

- e. Setelah sisa asam sulfat dan garam hilang, kemudian dikeringkan di oven pada suhu 70 - 80 °C, sehingga dihasilkan serbuk karet alam siklis yang berwarna putih. Untuk memperoleh produk sesuai yang diinginkan dilakukan pengujian kelarutan dan spektroskopi infra merah.

### 3.3 Spesifikasi Alat

#### 3.3.1 Spesifikasi Alat Pemisah

##### 1. *Rotary Drum Vacuum Filter (RDVF-01)*

Fungsi : Memisahkan kotoran padatan yang terkandung dalam getah lateks karet alam.

Material : *Carbon Steel SA -283 grade C*

##### Kondisi Operasi

- a. Tekanan : 1 atm
- b. *Temperature* : 30 °C
- c. Fase : Padat-Cair

##### Spesifikasi

- a. Luas Drum, ft<sup>2</sup> : 16
- b. Diameter Drum, ft : 6
- c. Panjang Drum, ft : 9
- d. Daya Motor, Hp : 150

Harga : Rp. 160.520.000

## 2. *Centrifuge* (CF-01)

Fungsi : Memisahkan antara padatan di dalam lateks yang tidak terpakai (pengotor) dan cairan yang akan masuk ke reaktor, seperti karet, resin, serta air.

Jenis : Sentrifugal sedimentasi dengan tipe *solid bowl*

Material : *Stainless Steel SA-285 grade C*

### Kondisi Operasi

- a. Tekanan : 1 atm
- b. *Temperature* : 30°C
- c. Fase : Padat - Cair

### Spesifikasi :

- a. Kapasitas, m<sup>3</sup>/jam : 92548,074
- b. Diameter *bowl*, m : 0,355
- c. Panjang *bowl*, in : 28
- d. Laju putar, Rpm : 4
- e. Daya motor, Hp : 20

Harga : Rp. 1.166.980.400

## 3. *Centrifuge* (CF-02)

Fungsi : Memisahkan antara padatan di dalam lateks yang tidak terpakai (pengotor) dan cairan yang akan masuk ke bak pencucian seperti karet, resin, air, surfaktan, ammonium sulfat, dan karet alam siklis

(produk).

Jenis : Sentrifugal sedimentasi dengan tipe *solid bowl*

Material : *Stainless Steel SA-285 grade C*

### Kondisi Operasi

- a. Tekanan : 1 atm
- b. *Temperature* : 30°C
- c. Fase : Padat - Cair

### Spesifikasi

- a. Kapasitas, m<sup>3</sup>/jam : 74674,798
- b. Diameter *bowl*, m : 0,355
- c. Panjang *bowl*, in : 28
- d. Laju putar , Rpm : 4
- e. Daya motor, Hp : 20

Harga : Rp.1.167.587.445

## 4. *Centrifuge (CF-03)*

Fungsi : Memisahkan kandungan surfaktan dan amonium sulfat yang masih terkandung dalam hasil produk karet alam siklis.

Jenis : Sentrifugal Sedimentasi dengan tipe *solid bowl*.

Material : *Stainless Steel SA-285 grade C*

### Kondisi Operasi

- a. Tekanan : 1 atm

- b. *Temperature* : 30°C
- c. Fase : Padat - Cair

### Spesifikasi

- a. Kapasitas, m<sup>3</sup>/jam : 44975,778
- b. Diameter *Bowl*, m : 0,152
- c. Panjang *Bowl*, in : 12
- d. Laju Putar, Rpm : 8
- e. Daya Motor, Hp : 5

### 3.3.2 Spesifikasi Alat Pendukung

#### 1. *Mixer (M-01)*

Fungsi : Mencampurkan antara lateks dengan air dan surfaktan emulgen

Jenis : *Stirred Tank* dengan *Conical Head*

Material : *Stainless Steel SA-285 grade C*

### Kondisi Operasi

- a. Tekanan : 1 atm
- b. *Temperature* : 30°C
- c. Fase : Padat – Cair

### Spesifikasi

#### Konstruksi

- Volume, m<sup>3</sup> : 14,171
- Tinggi cairan, m : 3,242
- Tinggi total, m : 3,890

***Shell***

Diameter (ID), m : 2,277

Tinggi, m : 3,416

Tebal, in : 3/16

***Head***

Bentuk : *Conical head*

Tinggi, m : 0,569

Tebal, in : 3/16

**Pengaduk**

Jenis : *Vertikal Blade*

Jumlah : 1

Diameter, m : 0,759

Kecepatan, rpm : 60

Daya, hp : 2

Jumlah baffle : 4

Panjang baffle, m : 1,729

lebar baffle, m : 0,324

Jumlah : 1

Harga : 15.257.332,5

**2. Bak Koagulasi (BK-01)**

Fungsi : Menggumpalkan Lateks DPNR yang merupakan  
hasil dari Hidrolisis dengan bantuan Asam Format.

Jenis : Silinder Tegak Berpengaduk

Material : *Stainless Steel SA-285 grade C*

### **Kondisi Operasi**

a. Tekanan : 1 atm

b. *Temperature* : 30 °C

c. Fase : Cair-Padat

### **Spesifikasi**

Kapasitas bak, m<sup>3</sup>/jam : 92,910

Spesifikasi Bahan : *Stainless Steel SA-285 grade C*

### ***Shell***

a. Diameter *Shell*, ft : 13,98

b. Tinggi *Shell*, ft : 20,97

c. Tebal *Shell*, in : 3/16

### ***Head***

Tebal *Head*, in : 3/16

### **Pengaduk**

a. Jenis : *Vertical Blade*

b. Jumlah : 1

c. Kecepatan,rps : 1

d. Diameter, ft : 4,66

Motor, Hp : 40

### **Baffle**

a. Jumlah : 4

- b. Diameter, m : 1,420
- c. Lebar Baffle, m : 1,135
- Harga : Rp. 481.560.000

### 3. *Netralizer* (N-01)

Fungsi : Mereaksikan *Ammonium Hydroxide* dengan Asam Sulfat menjadi Amonium Sulfat dan Air.

Jenis : Tangki Alir Berpengaduk

Material : *Stainless Steel SA-285 grade C*

#### **Kondisi Operasi**

- a. Tekanan : 1 atm
- b. *Temperature* : 30°C
- c. Fase : Padat - Cair

#### **Spesifikasi**

- a. Kapasitas, m<sup>3</sup>/jam : 74674,798
- b. Volume, m<sup>3</sup> : 39,287

#### **Dimensi Tangki**

- a. Diameter, m<sup>2</sup> : 3,68
- b. Tinggi, m<sup>2</sup> : 3,68

#### **Tebal Dinding**

Tebal Dinding, in : 0,3125

#### ***Head***

- a. Tebal *head* standar : 0,1875

- b. Tinggi *head*, in : 26,629
- c. Volume total, m<sup>3</sup> : 5,236
- d. Luas permukaan cairan, m<sup>2</sup> : 12,226
- e. Volume cairan *Shell*, m<sup>3</sup> : 34,050
- f. Tinggi *Shell*, m : 2,785
- g. Tinggi total *netralizer*, m : 9,245

#### **Pengaduk**

- a. Jumlah pengaduk, buah : 1
- b. Diameter, in : 51,874
- c. Jarak pengaduk, in : 67,437
- d. Tinggi pengaduk, in : 202,312
- e. Lebar pengaduk, in : 12,968
- f. Kecepatan putar, Rpm : 45
- g. Power pengadukan, Hp : 0,507
- Harga : 642.414.000

#### **4. Bak Pencucian (BP-01)**

Fungsi : Menghilangkan kandungan asam pada produk karet siklis.

Jenis : Silinder Tegak Berpengaduk

Material : *Stainless Steel SA-285 grade C*

#### **Kondisi Operasi**

- a. Tekanan : 1 atm

b. *Temperature* : 30°C

c. Fase : Cair

### **Spesifikasi**

a. Kapasitas jam : 44975,77 kg/jam

b. Volume, m<sup>3</sup> : 45,255

### **Dimensi Tangki**

a. Diameter, m<sup>2</sup> : 3,354

b. Tinggi, m<sup>2</sup> : 5,03

### **Tebal Dinding**

a. Tebal *Shell* standar, in : 3/16

b. H *Shell*, in : 16,5

### ***Head***

Tebal *head* standar : 3/16

### **Pengaduk**

a. Jumlah pengaduk, buah : 1

b. Diameter, m : 1,117

c. Lebar *baffle*, m : 0,96

d. Kecepatan putar , Rps : 1

e. Power pengadukan, Hp : 8,83

Harga : Rp. 176.572.000

### 5. *Spray Dryer (SD-01)*

Fungsi : Mengeringkan produk karet siklis melalui proses kontak langsung dengan udara pengering sehingga didapatkan produk berupa *powder*.

Jenis : *Spray Dryer equipped Wheel atomizer*

Material : *Stainless Steel SA-285 grade C*

Kondisi Operasi

a. Tekanan : 1 atm

b. *Temperature*

Tin padatan : 300°C

Tout padatan : 100°C

c. Fase : *Powder*

#### **Spesifikasi**

a. Volume, m<sup>3</sup> /jam : 9.436,483

b. Diameter, m : 1,557

c. Tinggi, m : 6,228

d. Tebal, in : 0,375

e. Daya, Hp : 0,05 (1/20)

#### **Spesifikasi *Nozzle***

a. *Nozzle* Umpan

A, in<sup>2</sup> : 0,534

b. *Nozzle* Aliran Udara Masuk

A, in<sup>2</sup> : 138

c. *Nozzle* Produk

A, in<sup>2</sup> : 138

**Spesifikasi *Atomizer***

a. Diameter *disc*, mm : 200

b. Diameter droplet, mm : 0,5

Harga : Rp 1.445.431.500

**3.3.3 Spesifikasi Reaktor**

## 1. Reaktor Hidrolisis (R-01)

Fungsi : Menghidrolisis kandungan protein pada lateks secara  
Enzimatik dengan bantuan enzim papain.

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Jumlah : 2

Kapasitas, m<sup>3</sup> : 79,291

**Kondisi Operasi**

Suhu, °C : 30

Tekanan, atm : 1

Waktu Tinggal, jam : 4,017

Fase : Cair-Cair

**Konstruksi dan Material**

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA-283*

Diameter, m : 3,692

Tebal *shell*, in : 0,3125

Tebal *head*, in : 0,5

Tinggi *shell*, m : 2,806  
 Tinggi *head*, m : 0,692  
 Tinggi total, m : 9,277  
 Jenis head : *Torispherical Head*  
 Tinggi cairan, m : 2,806

### **Pengaduk**

Jumlah Pengaduk : 1  
 Kecepatan Pengadukan, rpm : 45  
 Power Pengadukan, HP : 2  
 Harga : Rp. 4.087.740.080

## **2. Reaktor Siklisasi (R-02)**

Fungsi : Untuk mereaksikan karet alam yang memiliki rantai lurus  
 Menjadi rantai siklik (cincin) dengan bantuan katalis asam  
 sulfat.

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

Jumlah : 2

Kapasitas, m<sup>3</sup> : 129,180

### **Kondisi Operasi**

Suhu, °C : 95

Tekanan, atm : 1

Waktu Tinggal, jam : 10,171

Fase : Cair-Cair

### Konstruksi dan Material

|                         |                                 |
|-------------------------|---------------------------------|
| Bahan konstruksi        | : <i>Stainless Steel SA-283</i> |
| Tebal <i>shell</i> , in | : 0,3125                        |
| Tebal <i>head</i> , in  | : 0,4375                        |
| Tinggi <i>shell</i> , m | : 3,461                         |
| Tinggi <i>head</i> , m  | : 0,881                         |
| Tinggi total, m         | : 10,875                        |
| Jenis <i>head</i>       | : <i>Torispherical Head</i>     |
| Tinggi cairan, m        | : 3,381                         |

### Pengaduk

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| Jumlah Pengaduk           | : 1   |
| Kecepatan Pengadukan, rpm | : 56  |
| Power Pengadukan, HP      | : 7,5 |

### Spesifikasi Khusus

|                 |                     |
|-----------------|---------------------|
| Jenis pendingin | : Jaket             |
| Tinggi Jaket, m | : 4,153             |
| Tebal Jaket, in | : 0,268             |
| Harga           | : Rp. 5.294.626.530 |

### 3.3.4 Spesifikasi Alat Penyimpanan

Tabel 3. 3 Spesifikasi Tangki Penyimpanan

| Tangki                        | T-01                                                                                                         | T-02                                                                                                                            | T-03                                                                                                      | T-04                                                                                                      |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Fungsi peruntukan alat</b> | Sebagai tempat penyimpanan Lateks                                                                            | Sebagai tempat penyimpanan Surfaktan Emulgen                                                                                    | Sebagai tempat penyimpanan Enzim Protease                                                                 | Sebagai tempat penyimpanan Asam Format                                                                    |
| <b>Lama penyimpanan</b>       | 14 hari                                                                                                      | 14 hari                                                                                                                         | 14 hari                                                                                                   | 14 hari                                                                                                   |
| <b>Fasa</b>                   | Cair                                                                                                         | Cair                                                                                                                            | Cair                                                                                                      | Cair                                                                                                      |
| <b>Jumlah tangki</b>          | 1                                                                                                            | 1                                                                                                                               | 1                                                                                                         | 1                                                                                                         |
| <b>Kondisi Operasi</b>        | Suhu : 30 °C<br>Tekanan : 1 atm                                                                              | Suhu : 30 °C<br>Tekanan : 1 atm                                                                                                 | Suhu : 30 °C<br>Tekanan : 1 atm                                                                           | Suhu : 30 °C<br>Tekanan : 1 atm                                                                           |
| <b>Spesifikasi</b>            | Bahan Konstruksi:<br><i>Carbon Steel SA-283</i><br>Grade C<br><br>Volume tangki:<br>5.230,672 m <sup>3</sup> | Bahan Konstruksi:<br><i>Stainless Steel SA-283</i><br>Grade C<br><br>Volume tangki: 160,577 m <sup>3</sup><br>Diameter: 6,096 m | Bahan Konstruksi:<br><i>Stainless Steel SA-283</i><br>Grade C<br><br>Volume tangki: 89,828 m <sup>3</sup> | Bahan Konstruksi:<br><i>Stainless Steel SA-283</i><br>Grade C<br><br>Volume tangki: 66,775 m <sup>3</sup> |

| <b>Tangki</b>            | <b>T-01</b>                                                                                                                                                      | <b>T-02</b>                                                                                                                                                                     | <b>T-03</b>                                                                                                                                                           | <b>T-04</b>                                                                                                                                                         |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                          | Diameter: 21,336 m<br>Tinggi: 14,630 m<br>Jumlah <i>course</i> : 10<br>Tebal <i>Shell</i> : 1,375 in                                                             | Tinggi: 5,486 m<br>Jumlah <i>course</i> : 3<br>Tebal <i>Shell</i> : 0.25 in                                                                                                     | Diameter: 4,572 m<br>Tinggi: 3,048 m<br>Jumlah <i>course</i> : 3<br>Tebal <i>Shell</i> : 0,5 in                                                                       | Diameter: 3,048 m<br>Tinggi: 1,829 m<br>Jumlah <i>course</i> : 6<br>Tebal <i>Shell</i> : 0,185 in                                                                   |
| <b>Head &amp; Bottom</b> | Jenis <i>head</i> : <i>Conical roof</i><br>Tebal <i>head</i> : 0,75 in<br>Jenis <i>bottom</i> : <i>flat bottom</i><br>(alas datar)<br>Tebal <i>bottom</i> : 1 in | Jenis <i>head</i> : <i>Conical roof</i><br>Tebal <i>head</i> : 2,25 (in)<br>Jenis <i>bottom</i> : <i>flat bottom</i><br>( <i>alas datar</i> )<br>Tebal <i>bottom</i> : 0,375 in | Jenis <i>head</i> : <i>Conical roof</i><br>Tebal <i>head</i> : 0,178 in<br>Jenis <i>bottom</i> : <i>flat bottom</i><br>(alas datar)<br>Tebal <i>bottom</i> : 0,312 in | Jenis <i>head</i> : <i>Conical roof</i><br>Tebal <i>head</i> : 0,25 in<br>Jenis <i>bottom</i> : <i>flat bottom</i><br>(alas datar)<br>Tebal <i>bottom</i> : 0,25 in |
| <b>Harga (Rupiah)</b>    | Rp. 2.412.000.000                                                                                                                                                | Rp. 884.400.000                                                                                                                                                                 | Rp. 241.200.000                                                                                                                                                       | Rp. 482.400.000                                                                                                                                                     |

Tabel 3.3 Lanjutan

| Tangki                        | T-05                                                                                                                                | T-06                                                                                                                       | T-07                                                                                                                                | S-01                                                                                                                            |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Fungsi peruntukan alat</b> | Sebagai tempat penyimpanan Asam Sulfat                                                                                              | Sebagai tempat penyimpanan Gas H <sub>2</sub>                                                                              | Sebagai tempat penyimpanan <i>Ammonium Hydroxide</i>                                                                                | Sebagai tempat produk / Karet Alam Siklis                                                                                       |
| <b>Lama penyimpanan</b>       | 14 hari                                                                                                                             | 14 hari                                                                                                                    | 14 hari                                                                                                                             | 30 hari                                                                                                                         |
| <b>Fasa</b>                   | Cair                                                                                                                                | Gas                                                                                                                        | Cair                                                                                                                                | Padat                                                                                                                           |
| <b>Jumlah tangki</b>          | 1                                                                                                                                   | 1                                                                                                                          | 1                                                                                                                                   | 1                                                                                                                               |
| <b>Kondisi Operasi</b>        | Suhu : 30 °C<br>Tekanan : 1 atm                                                                                                     | Suhu : 30 °C<br>Tekanan : 1 atm                                                                                            | Suhu : 30 °C<br>Tekanan : 1 atm                                                                                                     | Suhu : 30 °C<br>Tekanan : 1 atm                                                                                                 |
| <b>Spesifikasi</b>            | Bahan Konstruksi:<br><i>Stainless Steel</i> SA-283 Grade C<br><br>Volume tangki:<br>2.335,519 m <sup>3</sup><br>Diameter : 15,240 m | Bahan Konstruksi:<br><i>Carbon Steel</i> SA-283 Grade C<br><br>Volume tangki: 4,287 m <sup>3</sup><br><br>Diameter: 1.46 m | Bahan Konstruksi:<br><i>Stainless Steel</i> SA-283 Grade C<br><br>Volume tangki: 2.335,519 m <sup>3</sup><br><br>Diameter: 15,240 m | Bahan Konstruksi: <i>Stainless Steel</i> SA-283 Grade C<br><br>Volume tangki: 6.449,506 m <sup>3</sup><br><br>Diameter: 6,096 m |

| <b>Tangki</b>            | <b>T-05</b>                                                                                                                                                         | <b>T-06</b>                                      | <b>T-07</b>                                                                                                                                                           | <b>S-01</b>                                                                                                                                           |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                          | Tinggi: 12,802 m<br>Jumlah <i>course</i> : 7<br>Tebal <i>Shell</i> : 0,875 in                                                                                       | Tinggi: 1.46 m<br>Tebal <i>Shell</i> : 0,1875 in | Tinggi: 12,802 m<br>Jumlah <i>course</i> : 7<br>Tebal <i>Shell</i> : 0,875 in                                                                                         | Tinggi: 7,315 m<br>Jumlah <i>course</i> : 3<br>Tebal <i>Shell</i> : 0,1875 in                                                                         |
| <b>Head &amp; Bottom</b> | Jenis <i>head</i> : <i>Conical roof</i><br>Tebal <i>head</i> : 0,5 in<br>Jenis <i>bottom</i> : <i>flat bottom</i><br>(alas datar)<br>Tebal <i>bottom</i> : 0,750 in | Tangki Bola ( <i>Spherical</i> )                 | Jenis <i>head</i> : <i>Conical roof</i><br>Tebal <i>head</i> : 0,625 in<br>Jenis <i>bottom</i> : <i>flat bottom</i><br>(alas datar)<br>Tebal <i>bottom</i> : 0,875 in | Jenis <i>head</i> : <i>Conical roof</i><br>Tebal <i>head</i> : 0,438 in<br>Jenis <i>bottom</i> : <i>Flat Bottom</i><br>Tebal <i>bottom</i> : 0,875 in |
| <b>Harga (Rupiah)</b>    | Rp. 961.932.000                                                                                                                                                     | Rp. 128.640.000                                  | Rp. 1.608.000.000                                                                                                                                                     | Rp. 289.440.000                                                                                                                                       |

### 3.3.5 Spesifikasi Alat Transport Bahan

#### a. Alat Transport Bahan Cair

Tabel 3. 4 Spesifikasi Pompa

| Spesifikasi        | Pompa                                                                                |                                                                                       |                                            |                                                          |                                                                                                      |                                                                    |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Kode Alat          | P-01                                                                                 | P-02                                                                                  | P-03                                       | P-04                                                     | P-05                                                                                                 | P-06                                                               |
| Fungsi             | Mengalirkan bahan baku Lateks Alam menuju <i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> (RDVF-01) | Mengalirkan Lateks Alam yang telah dipisahkan dari kotoran menuju <i>Mixer</i> (M-01) | Mengalirkan Air menuju <i>Mixer</i> (M-01) | Mengalirkan Surfaktan Emulgen menuju <i>Mixer</i> (M-01) | Mengalirkan campuran Lateks, Surfaktan dan Air yang telah tercampur menuju Reaktor Hidrolisis (R-01) | Fungsi Mengalirkan Enzim Protease menuju Reaktor Hidrolisis (R-01) |
| Bahan yang Dipompa | Lateks Alam                                                                          | Lateks Alam                                                                           | Air                                        | Surfaktan Emulgen                                        | Campuran Lateks Alam, Surfaktan, dan Air                                                             | Enzim Protease                                                     |
| Viskositas (cP)    | 1000                                                                                 | 1000                                                                                  | 1                                          | 99                                                       | 1000                                                                                                 | 4,17                                                               |

| Spesifikasi                        | Pompa                            |                                  |                                 |                                 |                                  |                                  |
|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Kode Alat                          | P-01                             | P-02                             | P-03                            | P-04                            | P-05                             | P-06                             |
| Densitas<br>(kg/ m <sup>3</sup> )  | 973,1                            | 973,1                            | 998,23                          | 973,1                           | 2944,43                          | 2944,4                           |
| Tekanan<br>(atm)                   | 1                                | 1                                | 1                               | 1                               | 1                                | 1                                |
| Kapasitas<br>(m <sup>3</sup> /jam) | 22,308                           | 20,132                           | 36,107                          | 0,1444                          | 56,383                           | 0,043                            |
| Pump Head<br>(m)                   | 557,712                          | 1466,140                         | 5,104                           | 2,486                           | 83,026                           | 13,922                           |
| Suhu<br>Fluida (°C)                | 30                               | 30                               | 30                              | 30                              | 30                               | 30                               |
| Jenis<br>Aliran                    | <i>Radial Flow<br/>Impellers</i> | <i>Radial Flow<br/>Impellers</i> | <i>Mixed Flow<br/>Impellers</i> | <i>Mixed Flow<br/>Impellers</i> | <i>Radial Flow<br/>Impellers</i> | <i>Radial Flow<br/>Impellers</i> |
| Daya<br>Motor<br>(HP)              | 150                              | 125                              | 2                               | 0,05                            | 60                               | 0,05                             |

| Spesifikasi | Pompa                                |                                      |                                     |                                        |                                         |                                        |
|-------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|
| Kode Alat   | P-01                                 | P-02                                 | P-03                                | P-04                                   | P-05                                    | P-06                                   |
| Jumlah      | 1                                    | 1                                    | 1                                   | 1                                      | 1                                       | 1                                      |
| Material    | <i>Carbon Steel SA - 283 grade C</i> | <i>Carbon Steel SA - 283 grade C</i> | <i>Carbon Steel SA -283 grade C</i> | <i>Stainless Steel SA -283 grade C</i> | <i>Stainless Steel SA - 283 grade C</i> | <i>Stainless Steel SA -283 grade C</i> |
| Harga       | Rp. 11.256.000                       | Rp. 9.648.000                        | Rp. 17.688.000                      | Rp. 160.800                            | Rp. 14.472.000                          | Rp. 160.800.000                        |

Tabel 3.3 Lanjutan

| Spesifikasi | Pompa                                            |                                                                                  |                                                       |                                                               |                                                       |                                                 |
|-------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Kode Alat   | P-07                                             | P-08                                                                             | P-09                                                  | P-10                                                          | P-11                                                  | P-12                                            |
| Fungsi      | Mengalirkan Air menuju Reaktor Hidrolisis (R-01) | Mengalirkan keluaran dari Reaktor Hidrolisis (R-01) menuju Bak Koagulasi (BK-01) | Mengalirkan Asam Format menuju Bak Koagulasi (BK-01). | Mengalirkan hasil Hidrolisis menuju <i>Centrifuge</i> (CF-01) | Mengalirkan Surfaktan menuju Reaktor Siklisasi (R-02) | Mengalirkan Air menuju Reaktor Siklisasi (R-02) |

| Spesifikasi                     | Pompa  |                    |             |                    |                   |        |
|---------------------------------|--------|--------------------|-------------|--------------------|-------------------|--------|
| Kode Alat                       | P-07   | P-08               | P-09        | P-10               | P-11              | P-12   |
| Bahan yang Dipompa              | Air    | Hidrolisis Protein | Asam Format | Hidrolisis Protein | Surfaktan Emulgen | Air    |
| Viskositas (cP)                 | 1      | 1000               | 0,539       | 1000               | 99                | 1      |
| Densitas (kg/ m <sup>3</sup> )  | 615    | 7115,73            | 1220        | 4940,89            | 973,1             | 998,23 |
| Tekanan (atm)                   | 1      | 1                  | 1           | 1                  | 1                 | 1      |
| Kapasitas (m <sup>3</sup> /jam) | 39,717 | 92,533             | 0,01444     | 92,533             | 0,144             | 39,717 |
| <i>Pump Head</i> (m)            | 10,765 | 36,542             | 4,367       | 63,546             | 5,553             | 48,664 |
| Suhu Fluida (°C)                | 30     | 30                 | 30          | 30                 | 30                | 30     |

| Spesifikasi     | Pompa                               |                                        |                                        |                                        |                                        |                                     |
|-----------------|-------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|
| Kode Alat       | P-07                                | P-08                                   | P-09                                   | P-10                                   | P-11                                   | P-12                                |
| Jenis Aliran    | <i>Mixed Flow Impellers</i>         | <i>Radial Flow Impellers</i>           | <i>Radial Flow Impellers</i>           | <i>Radial Flow Impellers</i>           | <i>Mixed Flow Impellers</i>            | <i>Radial Flow Impellers</i>        |
| Daya Motor (HP) | 7,5                                 | 60                                     | 0,05                                   | 75                                     | 0,05                                   | 40                                  |
| Jumlah          | 1                                   | 1                                      | 1                                      | 1                                      | 1                                      | 1                                   |
| Material        | <i>Carbon Steel SA -283 grade C</i> | <i>Stainless Steel SA -283 grade C</i> | <i>Stainless Steel SA -283 grade C</i> | <i>Stainless Steel SA -283 grade C</i> | <i>Stainless Steel SA -283 grade C</i> | <i>Carbon Steel SA -283 grade C</i> |
| Harga           | Rp. 12.864.000                      | Rp. 16.884.000                         | Rp. 160.800.000                        | Rp. 15.276.000                         | Rp 1.596.870                           | Rp 6.387.480                        |

Tabel 3.4 Lanjutan

| Spesifikasi                    | Pompa                                                          |                                                                  |                                                                       |                                                                 |                                      |                                                                                 |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Kode Alat                      | P-13                                                           | P-14                                                             | P-15                                                                  | P-16                                                            | P-17                                 | P-18                                                                            |
| Fungsi                         | Fungsi Mengalirkan asam sulfat menuju Reaktor Siklisasi (R-02) | Mengalirkan hasil dari siklisasi menuju <i>Netralizer</i> (N-01) | Mengalirkan <i>Ammonium Hydroxide</i> menuju <i>Netralizer</i> (N-01) | Mengalirkan hasil netralizer menuju <i>Centrifuge</i> 2 (CF-02) | Mengalirkan air menuju bak pencucian | Mengalirkan hasil dari Bak Pencucian (BP-01) menuju <i>Centrifuge</i> 3 (CF-03) |
| Bahan yang Dipompa             | Asam Sulfat                                                    | <i>Slurry</i> hasil siklisasi                                    | <i>Ammonium Hydroxide</i>                                             | <i>Slurry</i> produk siklisasi yang telah dinetralisasi         | Air                                  | Produk Siklo yang telah dicuci                                                  |
| Viskositas (cP)                | 26,7                                                           | 1000                                                             | 0,1276                                                                | 508,607                                                         | 1                                    | 508,607                                                                         |
| Densitas (kg/ m <sup>3</sup> ) | 1840                                                           | 8710,63                                                          | 0,1276                                                                | 6659,63                                                         | 998,23                               | 6659,63                                                                         |
| Tekanan (atm)                  | 1                                                              | 1                                                                | 1                                                                     | 1                                                               | 1                                    | 1                                                                               |

| Spesifikasi                     | Pompa                                  |                                        |                                        |                                        |                                     |                                        |
|---------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|
| Kode Alat                       | P-13                                   | P-14                                   | P-15                                   | P-16                                   | P-17                                | P-18                                   |
| Kapasitas (m <sup>3</sup> /jam) | 5,459                                  | 55,176                                 | 3,899                                  | 82,142                                 | 36,319                              | 49,473                                 |
| Pump Head (m)                   | 5,887                                  | 189,529                                | 6,934                                  | 1185,614                               | 3,223                               | 16,143                                 |
| Suhu Fluida (°C)                | 30                                     | 30                                     | 30                                     | 30                                     | 30                                  | 30                                     |
| Jenis Aliran                    | <i>Radial Flow Impellers</i>           | <i>Radial Flow Impellers</i>           | <i>Mixed Flow Impellers</i>            | <i>Radial Flow Impellers</i>           | <i>Axial Flow Impellers</i>         | <i>Radial Flow Impellers</i>           |
| Daya Motor (HP)                 | 0,25                                   | 60                                     | 0,167                                  | 60                                     | 0,75                                | 7,5                                    |
| Jumlah                          | 1                                      | 1                                      | 1                                      | 1                                      | 1                                   | 1                                      |
| Material                        | <i>Stainless Steel SA -283 grade C</i> | <i>Stainless Steel SA -283 grade C</i> | <i>Stainless Steel SA -283 grade C</i> | <i>Stainless Steel SA -283 grade C</i> | <i>Carbon Steel SA -283 grade C</i> | <i>Stainless Steel SA -283 grade C</i> |
| Harga                           | Rp. 4.790.610                          | Rp. 7.664.976                          | Rp. 3.992.175                          | Rp. 9.581.220                          | Rp. 6.547.167                       | Rp 5.589.045                           |

**b. Alat Transport Bahan Padat**

Tabel 3. 5 Spesifikasi *Screw Conveyor*

| Spesifikasi          | <i>Screw Conveyor</i>                                                                     |                                                                       |                                                            |                                                                 |                                                                            |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Kode Alat            | SC-01                                                                                     | SC-02                                                                 | SC-03                                                      | SC-04                                                           | SC-05                                                                      |
| Fungsi               | Mengangkut kotoran padat dari Lateks Alam dari <i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> (RDVF-01) | Mengalirkan Lateks hasil Deproteinasi menuju Reaktor Siklisasi (R-01) | Mengalirkan Karet Alam Siklis menuju Bak Pencucian (BP-01) | Mengalirkan Karet Alam Siklis menuju <i>Spray Dryer</i> (SD-01) | Mengalirkan Produk Karet Alam Siklis menuju <i>Bucket Elevator</i> (BE-01) |
| Bahan yang Diangkut  | Padatan Kotoran                                                                           | Karet Alam Siklis berbentuk <i>slurry</i>                             | Karet Alam Siklis berbentuk <i>slurry</i>                  | Karet alam siklis berbentuk <i>slurry</i>                       | Karet Alam Siklis                                                          |
| Suhu (°C)            | 30                                                                                        | 30                                                                    | 30                                                         | 30                                                              | 30                                                                         |
| Kapasitas (kg/m.jam) | 58,199                                                                                    | 2657,767                                                              | 2581,796                                                   | 2383,171                                                        | 2621,675                                                                   |
| Dimensi (m)          | Panjang : 2,438<br>Diameter : 0,152                                                       | Panjang : 3,353<br>Diameter : 0,4064                                  | Panjang : 3,353<br>Diameter : 0,305                        | Panjang : 3,048<br>Diameter : 0,228                             | Panjang : 3,048<br>Diameter : 0,152                                        |

| Spesifikasi     | <i>Screw Conveyor</i>               |                                         |                                         |                                         |                                         |
|-----------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| Kode Alat       | SC-01                               | SC-02                                   | SC-03                                   | SC-04                                   | SC-05                                   |
| Speed (rpm)     | 0,695                               | 5,135                                   | 0,281                                   | 0,560                                   | 4,172                                   |
| Daya Motor (HP) | 0,05                                | 1,5                                     | 0,5                                     | 0,75                                    | 0,75                                    |
| Jumlah          | 1                                   | 1                                       | 1                                       | 1                                       | 1                                       |
| Material        | <i>Carbon Steel SA -283 grade C</i> | <i>Stainless Steel SA - 283 grade C</i> | <i>Stainless Steel SA - 283 grade C</i> | <i>Stainless Steel SA - 283 grade C</i> | <i>Stainless Steel SA - 283 grade C</i> |
| Harga           | Rp 5.429.358                        | Rp. 7.185.915                           | Rp. 7.185.915                           | Rp. 6.387.480                           | Rp 6.387.480                            |

Tabel 3. 6 Spesifikasi *Bucket Elevator*

|                                  |                                                                           |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| <b>Kode</b>                      | <b>BE-01</b>                                                              |
| <b>Fungsi</b>                    | Mengangkut produk dari <i>Screw Conveyor</i> 5 (SC-05) menuju Silo (S-01) |
| <b>Jenis</b>                     | <i>Continuous Bucket Elevator</i>                                         |
| <b>Kapasitas (kg/jam)</b>        | 7.990,867                                                                 |
| <b>Jumlah</b>                    | 1                                                                         |
| <b>Kecepatan (m/menit)</b>       | 4                                                                         |
| <b>Panjang <i>Bucket</i> (m)</b> | 0,304                                                                     |
| <b>Lebar <i>Bucket</i> (m)</b>   | 0,152                                                                     |
| <b>Tinggi <i>Bucket</i> (m)</b>  | 15,240                                                                    |
| <b>Daya Motor (Hp)</b>           | 1,5                                                                       |
| <b>Bahan Konstruksi</b>          | <i>Stainless Steel SA-283 Grade C</i>                                     |
| <b>Harga</b>                     | Rp. 14.371.830                                                            |

**c. Alat Transport Bahan Gas**

Tabel 3. 7 Spesifikasi *Compressor*

| <b>Spesifikasi</b>         | <b><i>Compressor</i></b>                                                                             |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Kode Alat</b>           | C-01                                                                                                 |
| <b>Fungsi</b>              | Mengalirkan gas hidrogen (H <sub>2</sub> ) hasil siklisasi menuju Tangki Penyimpanan Hidrogen (T-06) |
| <b>Jenis</b>               | <i>Single Stage Reciprocating Compressor</i>                                                         |
| <b>Bahan yang Diangkut</b> | Gas Hidrogen (H <sub>2</sub> )                                                                       |
| <b>Suhu (°C)</b>           | 30                                                                                                   |
| <b>Kapasitas (kg/jam)</b>  | 105,135                                                                                              |
| <b>Daya Motor (HP)</b>     | 0,05                                                                                                 |
| <b>Jumlah</b>              | 1                                                                                                    |
| <b>Material</b>            | <i>Carbon Steel SA -283 grade C</i>                                                                  |
| <b>Harga</b>               | Rp. 127.749.600                                                                                      |

### 3.3.6 Spesifikasi Alat Transfer Panas

#### a. *Heater*

Tabel 3. 8 Spesifikasi *Heater*

| Spesifikasi                           |        | <i>Heater</i>                                                                                                          |                                                                                                                                               |                                                                                                     |
|---------------------------------------|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kode Alat                             |        | HE-01                                                                                                                  | HE-02                                                                                                                                         | HE-03                                                                                               |
| Fungsi                                |        | Memanaskan suhu Air (H <sub>2</sub> O) yang masuk ke dalam Reaktor Siklisasi (R-02) dari suhu 30 °C menjadi suhu 97 °C | Memanaskan suhu Asam Sulfat (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) yang masuk ke dalam Reaktor Siklisasi (R-02) dari suhu 30 °C menjadi suhu 97 °C | Memanaskan suhu udara yang masuk ke dalam <i>Spray Dryer</i> (SD-01) dari suhu 30 °C menjadi 300 °C |
| Jenis                                 |        | <i>Shell and Tube</i>                                                                                                  | <i>Shell and Tube</i>                                                                                                                         | <i>Shell and Tube</i>                                                                               |
| Luas Transfer Panas (m <sup>2</sup> ) |        | 24,054                                                                                                                 | 24,632                                                                                                                                        | 67,929                                                                                              |
| Kondisi Operasi                       |        |                                                                                                                        |                                                                                                                                               |                                                                                                     |
|                                       | Fluida | <i>Steam</i>                                                                                                           | <i>Steam</i>                                                                                                                                  | <i>Steam</i>                                                                                        |

| Spesifikasi                    |                            | <i>Heater</i>                                         |                                                                    |           |
|--------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| Kode Alat                      |                            | HE-01                                                 | HE-02                                                              | HE-03     |
| <i>Shell</i>                   | <b>Kapasitas (kg/jam)</b>  | 3.783,962                                             | 670,073                                                            | 653,439   |
|                                | <b>Pressure Drop (Psi)</b> | 2,277                                                 | 0,001                                                              | 0,034     |
| <i>Tube</i>                    | <b>Fluida</b>              | Umpan (Air dari utilitas ke Reaktor Siklisasi (R-02)) | Umpan (Asam Sulfat dari Tangki (T-05) ke Reaktor Siklisasi (R-02)) | Udara     |
|                                | <b>Kapasitas (kg/jam)</b>  | 36.107,135                                            | 10.109,997                                                         | 5.811,124 |
|                                | <b>Pressure Drop (Psi)</b> | 0,396                                                 | 0,0058                                                             | 0,0189    |
| <b>Konstruksi dan Material</b> |                            |                                                       |                                                                    |           |
| <i>Shell</i>                   | <b>Passes (in)</b>         | 1                                                     | 1                                                                  | 1         |
|                                | <b>Baffle Space (in)</b>   | 2,4                                                   | 2,65                                                               | 2,45      |

| Spesifikasi |                           | <i>Heater</i>           |                         |                         |
|-------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Kode Alat   |                           | HE-01                   | HE-02                   | HE-03                   |
|             | <b>ID (in)</b>            | 12                      | 13,25                   | 12,25                   |
| <i>Tube</i> | <b><i>Passes (in)</i></b> | 2                       | 2                       | 2                       |
|             | <b>BWG (in)</b>           | 16                      | 16                      | 16                      |
|             | <b>ID (in)</b>            | 0,62                    | 0,87                    | 0,87                    |
|             | <b>OD (in)</b>            | 0,75                    | 1                       | 1                       |
|             | <b>Pitch (in)</b>         | 0.9375                  | 1,25                    | 1,25                    |
|             | <b>Susunan</b>            | <i>Triangular pitch</i> | <i>Triangular pitch</i> | <i>Triangular pitch</i> |
|             | <b>Panjang</b>            | 4,877                   | 4,877                   | 4,877                   |
|             | <b>Jumlah</b>             | 98                      | 66                      | 188                     |

| Spesifikasi                                | <i>Heater</i>                       |                                        |                                     |
|--------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|
| Kode Alat                                  | HE-01                               | HE-02                                  | HE-03                               |
| Material                                   | <i>Carbon Steel SA -283 grade C</i> | <i>Stainless Steel SA -283 grade C</i> | <i>Carbon Steel SA -283 grade C</i> |
| UD, Btu/jam. ft <sup>2</sup> . °F          | 168,064                             | 12,606                                 | 6,639                               |
| UC, Btu/jam. ft <sup>2</sup> . °F          | 232,559                             | 31,350                                 | 34,485                              |
| Rd required, Btu/jam. ft <sup>2</sup> . °F | 0,001                               | 0,002                                  | 0,003                               |
| Rd, Btu/jam. ft <sup>2</sup> . °F          | 0,002                               | 0,040                                  | 0,0122                              |
| Harga                                      | Rp. 20.904.000                      | Rp. 48.240.000                         | Rp. 18.492.000                      |

b. *Cooler*Tabel 3. 9 Spesifikasi *Cooler*

| Spesifikasi                           |                     | <i>Cooler</i>                                                                                                     |
|---------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kode Alat                             |                     | CL-01                                                                                                             |
| Fungsi                                |                     | Mendinginkan hasil keluaran dari Reaktor Siklisasi (R-02) dari suhu 95°C menjadi 35°C dengan media pendingin air. |
| Jenis                                 |                     | <i>Shell and Tube</i>                                                                                             |
| Luas Transfer Panas (m <sup>2</sup> ) |                     | 24,054                                                                                                            |
| Kondisi Operasi                       |                     |                                                                                                                   |
| Shell                                 | Fluida              | Air                                                                                                               |
|                                       | Kapasitas (kg/jam)  | 8137,620                                                                                                          |
|                                       | Pressure Drop (Psi) | 2,277                                                                                                             |

|                                |                            |                                              |
|--------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------|
| <b>Tube</b>                    | <b>Fluida</b>              | Hasil Keluaran dari Reaktor Siklisasi (R-02) |
|                                | <b>Kapasitas (kg/jam)</b>  | 55.176                                       |
|                                | <b>Pressure Drop (Psi)</b> | 0,396                                        |
| <b>Konstruksi dan Material</b> |                            |                                              |
| <b>Shell</b>                   | <b>Passes (in)</b>         | 1                                            |
|                                | <b>Baffle Space (in)</b>   | 3,85                                         |
|                                | <b>ID (in)</b>             | 19,25                                        |
| <b>Tube</b>                    | <b>Passes (in)</b>         | 2                                            |
|                                | <b>BWG (in)</b>            | 16                                           |
|                                | <b>ID (in)</b>             | 0,620                                        |
|                                | <b>OD (in)</b>             | 0,75                                         |

|                                     |                    |                                        |
|-------------------------------------|--------------------|----------------------------------------|
|                                     | <b>Susunan</b>     | <i>Triangular pitch</i>                |
|                                     | <b>Panjang (m)</b> | 4,877                                  |
| <b>Material</b>                     |                    | <i>Stainless Steel SA -283 grade C</i> |
| <b>UD, Btu/jam.ft2. °F</b>          |                    | 22,585                                 |
| <b>UC, Btu/jam.ft2. °F</b>          |                    | 137,457                                |
| <b>Rd required, Btu/jam.ft2. °F</b> |                    | 0,003                                  |
| <b>Rd, Btu/jam.ft2. °F</b>          |                    | 0,037                                  |
| <b>Harga</b>                        |                    | Rp. 128.482.800                        |

### 3.4 Neraca Massa

#### 3.4.1 Neraca Massa Total

Tabel 3. 10 Neraca Massa Total

| Komponen             | Nomor Arus (Kg/Jam) |           |         |        |            |        |         |           |             |           |           |        |         |           |    |           |           |         |         |
|----------------------|---------------------|-----------|---------|--------|------------|--------|---------|-----------|-------------|-----------|-----------|--------|---------|-----------|----|-----------|-----------|---------|---------|
|                      | Masuk               |           |         |        |            |        |         |           |             |           |           |        | Keluar  |           |    |           |           |         |         |
|                      | 1                   | 4         | 5       | 7      | 8          | 10     | 14      | 15        | 16          | 19        | 23        | 27     | 2       | 12        | 17 | 21        | 25        | 28      | 29      |
| Karet                | 7221,427            | -         | -       | -      | -          | -      | -       | -         | -           | -         | -         | -      | -       | -         | -  | -         | -         | -       | 722,142 |
| Resin                | 334,513             | -         | -       | -      | -          | -      | -       | -         | -           | -         | -         | -      | -       | 331,167   | -  | -         | -         | -       | 3,345   |
| Protein              | 411,552             | -         | -       | -      | -          | -      | -       | -         | -           | -         | -         | -      | -       | -         | -  | -         | -         | -       | -       |
| Abu/Pengotor Padatan | 141,914             | -         | -       | -      | -          | -      | -       | -         | -           | -         | -         | -      | 141,914 | -         | -  | -         | -         | -       | -       |
| Gula                 | 68,929              | -         | -       | -      | -          | -      | -       | -         | -           | -         | -         | -      | -       | 68,929    | -  | -         | -         | -       | -       |
| Air                  | 12095,180           | 36107,135 | -       | -      | 36107,1356 | -      | -       | 36107,135 | 4650,599066 | 15598,282 | 36319,530 | 73,822 | -       | 82623,263 | -  | 58595,625 | 36542,291 | 442,198 | 0,738   |
| Surfaktan            | -                   | -         | 144,428 | -      | -          | -      | -       | -         | -           | -         | -         | -      | -       | 144,428   | -  | 142,984   | 1,444     | -       | -       |
| Enzim Protease       | -                   | -         | -       | 43,328 | -          | -      | 144,428 | -         | -           | -         | -         | -      | -       | 43,328    | -  | -         | -         | -       | -       |
| Asam Format          | -                   | -         | -       | -      | -          | 14,442 | -       | -         | -           | -         | -         | -      | -       | -         | -  | -         | -         | -       | -       |
| Asam Sulfat          | -                   | -         | -       | -      | -          | -      | -       | -         | 5459,398    | -         | -         | -      | -       | -         | -  | -         | -         | -       | -       |



### 3.4.2 Neraca Massa Alat

#### 1. Rotary Drum Vacuum Filter (RDVF-01)

Tabel 3. 11 Neraca Massa *Rotary Drum Vacuum Filter* (RDVF-01)

| Komponen                  | Input (kg/jam) | Output (kg/jam) |            |
|---------------------------|----------------|-----------------|------------|
|                           | Arus 1         | Arus 2          | Arus 3     |
| Karet                     | 7.221,427      | 0               | 7.221,427  |
| Resin                     | 334,513        | 0               | 334,513    |
| Protein                   | 411,552        | 0               | 411,552    |
| Abu/Pengotor Padatan      | 141,914        | 141,914         | 0          |
| Gula                      | 68,929         | 0               | 68,929     |
| Air                       | 12.095,180     | 0               | 12.095,180 |
| Surfaktan                 | 0              | 0               | 0          |
| Enzim Protease            | 0              | 0               | 0          |
| Asam Format               | 0              | 0               | 0          |
| Asam Sulfat               | 0              | 0               | 0          |
| <i>Ammonium Hydroxide</i> | 0              | 0               | 0          |
| TOTAL                     | 20.273,518     | 141,914         | 20.131,603 |
|                           | 20.273,518     | 20.273,518      |            |

#### 2. Mixer (M-01)

Tabel 3. 12 Neraca Massa *Mixer* (M-01)

| Komponen             | Input (kg/jam) |        |        | Output (kg/jam) |
|----------------------|----------------|--------|--------|-----------------|
|                      | Arus 3         | Arus 4 | Arus 5 | Arus 6          |
| Karet                | 7.221,427      | 0      | 0      | 7.221,427       |
| Resin                | 334,513        | 0      | 0      | 334,513         |
| Protein              | 411,552        | 0      | 0      | 411,552         |
| Abu/Pengotor Padatan | 0              | 0      | 0      | 0               |

| Komponen                  | Input (kg/jam)    |                   |                | Output (kg/jam)   |
|---------------------------|-------------------|-------------------|----------------|-------------------|
|                           | Arus 3            | Arus 4            | Arus 5         | Arus 6            |
| Gula                      | 68,929            | 0                 | 0              | 68,929            |
| Air                       | 12.095,180        | 36.107,135        | 0              | 48.202,316        |
| Surfaktan                 | 0                 | 0                 | 144,428        | 144,428           |
| Enzim Protease            | 0                 | 0                 | 0              | 0                 |
| Asam Format               | 0                 | 0                 | 0              | 0                 |
| Asam Sulfat               | 0                 | 0                 | 0              | 0                 |
| <i>Ammonium Hydroxide</i> | 0                 | 0                 | 0              | 0                 |
| <b>TOTAL</b>              | <b>20.131,603</b> | <b>36.107,135</b> | <b>144,428</b> | <b>56.383,167</b> |
|                           | <b>56.383,167</b> |                   |                | <b>56.383,167</b> |

### 3. Reaktor Hidrolisis (R-01)

Tabel 3. 13 Neraca Massa Reaktor Hidrolisis (R-01)

| Komponen             | Input (kg/jam) |        |            | Output (Kg/jam) |
|----------------------|----------------|--------|------------|-----------------|
|                      | Arus 6         | Arus 7 | Arus 8     | Arus 9          |
| <b>Karet</b>         | 7.221,427      | 0      | 0          | 7.221,427       |
| Resin                | 334,513        | 0      | 0          | 334,513         |
| Protein              | 411,552        | 0      | 0          | 0               |
| Abu/Pengotor Padatan | 0              | 0      | 0          | 0               |
| Gula                 | 68,929         | 0      | 0          | 68,929          |
| Air                  | 48.202,316     | 0      | 36.107,135 | 84.309,452      |
| Surfaktan            | 144,428        | 0      | 0          | 144,428         |
| Enzim Protease       | 0              | 43,328 | 0          | 43,328          |
| Asam Format          | 0              | 0      | 0          | 0               |
| Asam Sulfat          | 0              | 0      | 0          | 0               |

| <b>Komponen</b>           | <b>Input (kg/jam)</b> |               |                   | <b>Output (Kg/jam)</b> |
|---------------------------|-----------------------|---------------|-------------------|------------------------|
|                           | <b>Arus 6</b>         | <b>Arus 7</b> | <b>Arus 8</b>     | <b>Arus 9</b>          |
| <i>Ammonium Hydroxide</i> | 0                     | 0             | 0                 | 0                      |
| <i>Hidrolize Protein</i>  | 0                     | 0             | 0                 | 411,552                |
| <b>TOTAL</b>              | <b>56.383,167</b>     | <b>43,328</b> | <b>36.107,135</b> | <b>92.533,631</b>      |
|                           | <b>92.533,631</b>     |               |                   | <b>92.533,631</b>      |

#### 4. Bak Koagulasi (BK-01)

Tabel 3. 14 Neraca Massa Bak Koagulasi (BK-01)

| <b>Komponen</b>           | <b>Input (Kg/jam)</b> |                | <b>Output (Kg/jam)</b> |
|---------------------------|-----------------------|----------------|------------------------|
|                           | <b>Arus 9</b>         | <b>Arus 10</b> | <b>Arus 11</b>         |
| Karet                     | 7.221,427             | 0              | 7.221,427              |
| Resin                     | 334,513               | 0              | 334,513                |
| Protein                   | 0                     | 0              | 0                      |
| Abu/Pengotor Padatan      | 0                     | 0              | 0                      |
| Gula                      | 68,929                | 0              | 68,929                 |
| Air                       | 84.309,452            | 0              | 84.309,452             |
| Surfaktan                 | 144,428               | 0              | 144,428                |
| Enzim Protease            | 43,328                | 0              | 43,328                 |
| Asam Format               | 0                     | 14,442         | 14,442                 |
| Asam Sulfat               | 0                     | 0              | 0                      |
| <i>Ammonium Hydroxide</i> | 0                     | 0              | 0                      |
| <i>Hidrolize Protein</i>  | 411,552               | 0              | 411,552                |
| <b>TOTAL</b>              | <b>92.533,631</b>     | <b>14,442</b>  | <b>92.548,074</b>      |
|                           | <b>92.548,074</b>     |                | <b>92.548,074</b>      |

### 5. Centrifuge (CF-01)

Tabel 3. 15 Neraca Massa *Centrifuge* (CF-01)

| Komponen                  | Input (Kg/jam) | Output (Kg/jam) |           |
|---------------------------|----------------|-----------------|-----------|
|                           | Arus 11        | Arus 12         | Arus 13   |
| Karet                     | 7.221,427      | 0               | 7.221,427 |
| Resin                     | 334,513        | 331,167         | 3,345     |
| Protein                   | 0              | 0               | 0         |
| Abu/Pengotor Padatan      | 0              | 0               | 0         |
| Gula                      | 68,929         | 68,929          | 0         |
| Air                       | 84.309,452     | 82.623,263      | 1.686,189 |
| Surfaktan                 | 144,428        | 144,428         | 0         |
| Enzim Protease            | 43,328         | 43,328          | 0         |
| Asam Format               | 14,442         | 14,442          | 0         |
| Asam Sulfat               | 0              | 0               | 0         |
| <i>Ammonium Hydroxide</i> | 0              | 0               | 0         |
| <i>Hidrolize Protein</i>  | 411,552        | 411,552         | 0         |
| TOTAL                     | 92.548,074     | 83.637,113      | 8.910,961 |
|                           | 92.548,074     | 92.548,074      |           |

### 6. Reaktor Siklisasi (R-02)

Tabel 3. 16 Neraca Massa Reaktor Siklisasi (R-02)

| Komponen             | Input (Kg/Jam) |         |         |         | Output (Kg/Jam) |         |
|----------------------|----------------|---------|---------|---------|-----------------|---------|
|                      | Arus 13        | Arus 14 | Arus 15 | Arus 16 | Arus 18         | Arus 17 |
| Karet                | 7.221,427      | 0       | 0       | 0       | 722,142         | 0       |
| Resin                | 3,345          | 0       | 0       | 0       | 3,345           | 0       |
| Protein              | 0              | 0       | 0       | 0       | 0               | 0       |
| Abu/Pengotor Padatan | 0              | 0       | 0       | 0       | 0               | 0       |
| Gula                 | 0              | 0       | 0       | 0       | 0               | 0       |

| Komponen                      | Input (Kg/Jam)     |         |            |            | Output (Kg/Jam)    |         |
|-------------------------------|--------------------|---------|------------|------------|--------------------|---------|
|                               | Arus 13            | Arus 14 | Arus 15    | Arus 16    | Arus 18            | Arus 17 |
| Air                           | 1.686,189          | 0       | 36.107,135 | 4650,599   | 41583,724          | 0       |
| Surfaktan                     | 0                  | 144,428 | 0          | 0          | 144,428            | 0       |
| Enzim<br>Protease             | 0                  | 0       | 0          | 0          | 0                  | 0       |
| Asam Format                   | 0                  | 0       | 0          | 0          | 0                  | 0       |
| Asam Sulfat                   | 0                  | 0       | 0          | 5.459,398  | 5.459,398          | 0       |
| <i>Ammonium<br/>Hydroxide</i> | 0                  | 0       | 0          | 0          | 0                  | 0       |
| H <sub>2</sub>                | 0                  | 0       | 0          | 0          | 0                  | 95,577  |
| Siklo<br>(Produk)             | 0                  | 0       | 0          | 0          | 7.263,906          | 0       |
| <b>TOTAL</b>                  | 8910,961           | 144,428 | 36.107,135 | 10.109,997 | 55.176,945         | 95,577  |
|                               | <b>55272,52341</b> |         |            |            | <b>55272,52341</b> |         |

### 7. *Netralizer* (N-01)

Tabel 3. 17 Neraca Massa *Netralizer* (N-01)

| Komponen             | Input (Kg/jam) |            | Output (Kg/Jam) |
|----------------------|----------------|------------|-----------------|
|                      | Arus 18        | Arus 19    | Arus 20         |
| Karet                | 722,142        | 0          | 722,142         |
| Resin                | 3,345          | 0          | 3,345           |
| Protein              | 0              | 0          | 0               |
| Abu/Pengotor Padatan | 0              | 0          | 0               |
| Gula                 | 0              | 0          | 0               |
| Air                  | 41.583,724     | 15.598,282 | 59.187,500      |
| Surfaktan            | 144,428        | 0          | 144,428         |
| Enzim Protease       | 0              | 0          | 0               |
| Asam Format          | 0              | 0          | 0               |

| Komponen          | Input (Kg/jam)    |                   | Output (Kg/Jam)   |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                   | Arus 18           | Arus 19           | Arus 20           |
| Asam Sulfat       | 5.459,398         | 0                 | 0                 |
| Amonium Hydroxide | 0                 | 3.899,570         | 0                 |
| H <sub>2</sub>    | 0                 | 0                 | 0                 |
| Amonoim Sulfat    | 0                 | 0                 | 7.353,476         |
| Siklo (Produk)    | 7.263,906         | 0                 | 7.263,906         |
| <b>TOTAL</b>      | <b>55.176,945</b> | <b>19.497,853</b> | <b>74.674,798</b> |
|                   | <b>74.674,798</b> |                   | <b>74.674,798</b> |

### 8. *Centrifuge* (CF-02)

Tabel 3. 18 Neraca Massa *Centrifuge* (CF-02)

| Komponen                  | Input (Kg/Jam) | Output (Kg/jam) |         |
|---------------------------|----------------|-----------------|---------|
|                           | Arus 20        | Arus 21         | Arus 22 |
| Karet                     | 722,142        | 0               | 722,142 |
| Resin                     | 3,345          | 0               | 3,345   |
| Protein                   | 0              | 0               | 0       |
| Abu/Pengotor Padatan      | 0              | 0               | 0       |
| Gula                      | 0              | 0               | 0       |
| Air                       | 59.187,500     | 58.595,625      | 591,875 |
| Surfaktan                 | 144,428        | 142,984         | 1,444   |
| Enzim Protease            | 0              | 0               | 0       |
| Asam Format               | 0              | 0               | 0       |
| Asam Sulfat               | 0              | 0               | 0       |
| <i>Ammonium Hydroxide</i> | 0              | 0               | 0       |
| H <sub>2</sub>            | 0              | 0               | 0       |
| Amonoim Sulfat            | 7353,476       | 7.279,941       | 73,534  |

| Komponen       | Input (Kg/Jam)    | Output (Kg/jam)   |                  |
|----------------|-------------------|-------------------|------------------|
|                | Arus 20           | Arus 21           | Arus 22          |
| Siklo (Produk) | 7.263,906         | 0                 | 7.263,906        |
| <b>TOTAL</b>   | <b>74.674,798</b> | <b>66.018,550</b> | <b>8.656,247</b> |
|                | <b>74.674,798</b> | <b>74.674,798</b> |                  |

### 9. Bak Pencucian (BP-01)

Tabel 3. 19 Neraca Massa Bak Pencucian (BP-01)

| Komponen                  | Input (Kg/jam)    |                   | Output (Kg/jam)   |
|---------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                           | Arus 22           | Arus 23           | Arus 24           |
| Karet                     | 722,142           | 0                 | 722,142           |
| Resin                     | 3,345             | 0                 | 3,345             |
| Protein                   | 0                 | 0                 | 0                 |
| Abu/Pengotor Padatan      | 0                 | 0                 | 0                 |
| Gula                      | 0                 | 0                 | 0                 |
| Air                       | 591,875           | 36.319,530        | 36.911,405        |
| Surfaktan                 | 1,444             | 0                 | 1,444             |
| Enzim Protease            | 0                 | 0                 | 0                 |
| Asam Format               | 0                 | 0                 | 0                 |
| Asam Sulfat               | 0                 | 0                 | 0                 |
| <i>Ammonium Hydroxide</i> | 0                 | 0                 | 0                 |
| H <sub>2</sub>            | 0                 | 0                 | 0                 |
| Amonoim Sulfat            | 73,534            | 0                 | 73,534            |
| Siklo (Produk)            | 7.263,906         | 0                 | 7.263,906         |
| <b>TOTAL</b>              | <b>8.656,247</b>  | <b>36.319,530</b> | <b>44.975,778</b> |
|                           | <b>44.975,778</b> |                   | <b>44.975,778</b> |

### 10. *Centrifuge* (CF-03)

Tabel 3. 20 Neraca Massa *Centrifuge* (CF-03)

| Komponen                  | Input             | Output            |           |
|---------------------------|-------------------|-------------------|-----------|
|                           | Arus 24           | Arus 25           | Arus 26   |
| Karet                     | 722,142           | 0                 | 722,142   |
| Resin                     | 3,345             | 0                 | 3,345     |
| Protein                   | 0                 | 0                 | 0         |
| Abu/Pengotor Padatan      | 0                 | 0                 | 0         |
| Gula                      | 0                 | 0                 | 0         |
| Air                       | 36.911,405        | 36.542,291        | 369,114   |
| Surfaktan                 | 1,444             | 1,444             | 0         |
| Enzim Protease            | 0                 | 0                 | 0         |
| Asam Format               | 0                 | 0                 | 0         |
| Asam Sulfat               | 0                 | 0                 | 0         |
| <i>Ammonium Hydroxide</i> | 0                 | 0                 | 0         |
| H <sub>2</sub>            | 0                 | 0                 | 0         |
| Amonoim Sulfat            | 73,476            | 72,799            | 0,735     |
| Siklo (Produk)            | 7.263,906         | 0                 | 7.263,906 |
| TOTAL                     | 44.975,778        | 36.616,535        | 8.359,243 |
|                           | <b>44.975,778</b> | <b>44.975,778</b> |           |

### 11. *Spray Dryer* (SD-01)

Tabel 3. 21 Neraca Massa *Spray Dryer* (SD-01)

| Komponen             | Input (Kg/jam) |         | Output (Kg/jam) |         |
|----------------------|----------------|---------|-----------------|---------|
|                      | Arus 26        | Arus 27 | Arus 29         | Arus 28 |
| Karet                | 722,142        | 0       | 722,142         | 0       |
| Resin                | 3,345          | 0       | 3,345           | 0       |
| Protein              | 0              | 0       | 0               | 0       |
| Abu/Pengotor Padatan | 0              | 0       | 0               | 0       |

| Komponen                  | Input (Kg/jam) |           | Output (Kg/jam) |           |
|---------------------------|----------------|-----------|-----------------|-----------|
|                           | Arus 26        | Arus 27   | Arus 29         | Arus 28   |
| Gula                      | 0              | 0         | 0               | 0         |
| Air                       | 369,114        | 73,822    | 0,738           | 442,198   |
| Surfaktan                 | 0              | 0         | 0               | 0         |
| Enzim Protease            | 0              | 0         | 0               | 0         |
| Asam Format               | 0              | 0         | 0               | 0         |
| Asam Sulfat               | 0              | 0         | 0               | 0         |
| <i>Ammonium Hydroxide</i> | 0              | 0         | 0               | 0         |
| H <sub>2</sub>            | 0              | 0         | 0               | 0         |
| Amonoim Sulfat            | 0,735          | 0         | 0,735           | 0         |
| Udara                     | 0              | 5.811,124 | 0               | 5.811,124 |
| Siklo (Produk)            | 7.263,906      | 0         | 7263,906        | 0         |
| TOTAL                     | 8.359,24       | 5.884,947 | 7.990,867       | 6.253,323 |
|                           | 14.244,191     |           | 14.244,191      |           |

### 3.5 Neraca Panas

#### 3.5.1 Rotary Drum Vacuum Filter (RDVF-01)

Tabel 3. 22 Neraca Panas *Rotary Drum Vacuum Filter* (RDVF-01)

| Komponen | Input       | Output      |
|----------|-------------|-------------|
|          | Kj/jam      | Kj/jam      |
| Q1       | 358.320,619 | -           |
| Q2       | -           | 12.325,285  |
| Q3       | -           | 345.995,333 |
| TOTAL    | 358.320,619 | 358.320,619 |

### 3.5.2 Mixer (M-01)

Tabel 3. 23 Neraca Panas *Mixer* (M-01)

| Komponen     | Input                | Output             |
|--------------|----------------------|--------------------|
|              | Kj/jam               | Kj/jam             |
| Q3           | 95.561,254           | -                  |
| Q4           | 998.042,351          | -                  |
| Q5           | 12.059,783           | -                  |
| Q6           | -                    | 1.105.663,390      |
| <b>Total</b> | <b>1.105.663,390</b> | <b>1105663,390</b> |

### 3.5.3 Reaktor Siklisasi (R-02)

Tabel 3. 24 Neraca Panas Reaktor Siklisasi (R-02)

| Panas masuk  | Kj/jam                 | Panas keluar | Kj/jam                 |
|--------------|------------------------|--------------|------------------------|
| Q13          | 2.398.107,564          | Q17          | 7.359.818,337          |
| Q14          | 827.301,133            | Q18          | 56.829.172,310         |
| Q15          | 51.285.927,490         | Q pendingin  | 697.435.795,500        |
| Q16          | 666.794.819,500        | -            | -                      |
| Panas Reaksi | 40.318.630,500         | -            | -                      |
| <b>Total</b> | <b>761.624.786,200</b> | <b>Total</b> | <b>761.624.786,200</b> |

### 3.5.4 Netralizer (N-01)

Tabel 3. 25 Neraca Panas *Netralizer* (N-01)

| Panas masuk  | Kj/jam                | Panas keluar | Kj/jam                |
|--------------|-----------------------|--------------|-----------------------|
| Q18          | 56.829.172,310        | Q20          | 71.051.411,850        |
| Q19          | 22.438.851,720        | Panas Reaksi | 8.881.461,552         |
| Q            | 664.849,382           | -            | -                     |
| <b>Total</b> | <b>79.932.873,410</b> | <b>Total</b> | <b>79.932.873,410</b> |

### 3.5.5 *Spray Dryer (SD-01)*

Tabel 3. 26 Neraca Panas *Spray Dryer (SD-01)*

| Panas masuk  | Kj/jam               | Panas keluar | Kj/jam               |
|--------------|----------------------|--------------|----------------------|
| Q26          | 350.469,847          | Q28          | 1.770.760,435        |
| Q27          | 4.844.592,378        | Q28          | 1.628.438,028        |
|              |                      | Qloss        | 1.795.863,762        |
| <b>Total</b> | <b>5.195.062,225</b> | <b>Total</b> | <b>5.195.062,225</b> |

### 3.5.6 *Heat Exchanger (HE-01)*

Tabel 3. 27 Neraca Massa *Heat Exchanger (HE-01)*

| Komponen     | Input                    | Output                    |
|--------------|--------------------------|---------------------------|
|              | $\Delta H_{in}$ (Kj/jam) | $\Delta H_{out}$ (Kj/jam) |
| Qin          | 757.219,553              | -                         |
| Qout         | -                        | 10.865.317,300            |
| Qsteam       | 10.108.097,740           | -                         |
| <b>Total</b> | <b>10.865.317,300</b>    | <b>10.865.317,300</b>     |

### 3.5.7 *Heat Exchanger (HE-02)*

Tabel 3. 28 Neraca Massa *Heat Exchanger (HE-02)*

| Komponen     | Input                    | Output                    |
|--------------|--------------------------|---------------------------|
|              | $\Delta H_{in}$ (Kj/jam) | $\Delta H_{out}$ (Kj/jam) |
| Qin          | 136.615,885              | -                         |
| Qout         | -                        | 1.924.439,162             |
| Qsteam       | 1.787.823,276            | -                         |
| <b>Total</b> | <b>1.924.439,162</b>     | <b>1.924.439,162</b>      |

### 3.5.8 Heat Exchanger (HE-03)

Tabel 3. 29 Neraca Massa *Heat Exchanger* (HE-03)

| Komponen           | Input                    | Output                    |
|--------------------|--------------------------|---------------------------|
|                    | $\Delta H_{in}$ (KJ/jam) | $\Delta H_{out}$ (KJ/jam) |
| Q <sub>in</sub>    | 27.514,064               | -                         |
| Q <sub>out</sub>   | -                        | 1.558.392,823             |
| Q <sub>steam</sub> | 1.530.878,758            | -                         |
| <b>Total</b>       | <b>1.558.392,823</b>     | <b>1.558.392,823</b>      |

### 3.5.9 Cooler (CL-01)

Tabel 3. 30 Neraca Massa *Cooler* (CL-01)

| Komponen         | Input                    | Output                    |
|------------------|--------------------------|---------------------------|
|                  | $\Delta H_{in}$ (Kj/jam) | $\Delta H_{out}$ (Kj/jam) |
| Q <sub>in</sub>  | 2.958.917,759            | -                         |
| Q <sub>out</sub> | -                        | 428.125,662               |
| Q pendingin      | -                        | 2.530.792,096             |
| <b>Total</b>     | <b>2.958.917,759</b>     | <b>2.958.917,759</b>      |

## **BAB IV**

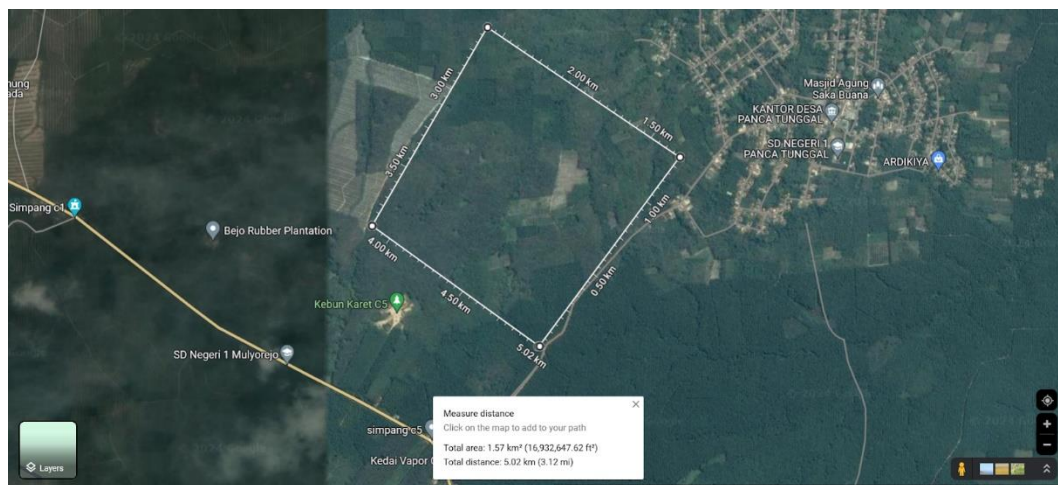
### **PERANCANGAN PABRIK**

#### **4.1 Lokasi Pabrik**

Pemilihan lokasi tentunya sangat penting dalam proses perancangan pabrik, hal ini dikarenakan berkaitan langsung dengan nilai ekonomis suatu pabrik yang akan dibangun. Pemilihan lokasi pabrik secara umum bisa dikelompokkan berdasarkan mendekati bahan baku atau berada/mendekati pasar. Selain itu, pemilihan dari lokasi pabrik perlu diperhitungkan pula terkait transportasi, biaya pengiriman, sarana dan prasarana di daerah pendirian pabrik, serta kebijakan yang berlaku di daerah setempat. Pemilihan lokasi pabrik karet alam siklus ini berdasarkan lokasi dari bahan baku.

Provinsi tertinggi sentra produksi karet adalah Sumatera Selatan. Berdasarkan data produksi karet tahun 2018, terdapat 5 kabupaten sentra produksi karet rakyat di Provinsi Sumatera Selatan yang memiliki total kontribusi sebesar 66,88 persen. Kabupaten tersebut yaitu :

1. Kabupaten Muara Enim produksi 151.650 ton dengan kontribusi 15,50 persen terhadap produksi total karet perkebunan rakyat Provinsi Sumatera Selatan,
2. Kabupaten Musi Banyuasin produksi 140.330 ton (14,35 persen),
3. Ogan Komering ilir produksi 129.600 ton (13,25 persen),
4. Musi Rawas Utara produksi 120.240 ton (12,29 persen).



Gambar 4. 1 Peta Rencana Lokasi Pabrik Karet Alam Siklis

Berdasarkan data dari Departemen Perindustrian, lahan yang sudah digunakan di daerah Sumatera Selatan sebesar 890.762 Ha dan sisa lahan yang tersedia sebesar 105.629 Ha. Dalam hal ini, Pabrik Karet Alam Siklis yang beroperasi sebanyak 70.000 Ton/Tahun direncanakan akan berdiri di Sri Gunung, Kec. Sungai Lilin, Kab. Musi Banyuasin, Sumatera Selatan. Faktor-faktor pemilihan daerah pendirian pabrik karet alam siklis berdasarkan pertimbangan :

#### 4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor utama yang mempengaruhi pendirian lokasi pabrik di Sri Gunung, Kec. Sungai Lilin, Kab. Musi Banyuasin, Sumatera Selatan adalah :

##### a. Ketersediaan Bahan Baku

Pabrik sebaiknya didirikan tidak jauh dari lokasi penyediaan bahan baku agar dapat memenuhi kebutuhan produksi dan menekan biaya transportasi. Bahan baku pabrik karet alam siklis adalah lateks atau karet alam yang didapatkan dari Perkebunan Karet Marukum yang terletak di Sri Gunung, Sungai Lilin, Musi Banyuasin, Sumatera Selatan. Beberapa hal yang perlu

diperhatikan mengenai bahan baku seperti besarnya kapasitas sumber bahan baku, dan harga bahan baku.

#### **b. Letak dan Sarana Transportasi**

Lokasi pabrik harus dekat dengan penghasil bahan baku lateks dan kemudahan dalam sarana transportasinya. Sarana transportasi dapat dilakukan secara darat dengan mudah. Pabrik yang dirancang juga didirikan dekat dengan Sungai Musi yang dapat menjadi jalur transportasi air atau pengkapalan sehingga dapat memudahkan pemasokan bahan baku maupun pemasaran produk dalam negeri maupun ekspor luar negeri.

#### **c. Utilitas**

Utilitas yang dibutuhkan sebagai sarana dalam pendirian pabrik berupa listrik, air dan udara. Air adalah komponen yang sangat penting dalam suatu industri. Air dalam suatu industri biasanya digunakan sebagai kebutuhan proses, media pendingin maupun pemanas, sanitasi, dan kebutuhan lainnya. Air dapat diperoleh dari sungai dekat dengan lokasi pabrik yaitu sungai musu yang merupakan salah satu sungai yang terpanjang di Sumatera Selatan dengan panjang 750 km. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penyediaan air adalah sebagai berikut :

- Kualitas sumber air
- Jarak sumber air dengan lokasi pabrik
- Bebas dari polusi air
- Pengaruh musim terhadap kemampuan sumber air dalam menyediakan air untuk kebutuhan rutin pabrik

Kebutuhan listrik dan bahan bakar juga menjadi faktor penunjang yang sangat penting. Dalam memenuhi kebutuhan listrik, lokasi pabrik karet alam siklis ini didirikan dekat dengan lokasi gardu induk dan PLTU VII Sumsel yang terletak masih di satu kecamatan yaitu Sungai Lilin. Kebutuhan tenaga listrik didapat dari generator pembangkit tenaga listrik sedangkan air dapat diambil dari air Sungai Musi dan air tanah. Bahan bakar untuk generator dan *boiler* dapat diperoleh dari Pertamina sebagai pemasok bahan bakar solar.

#### **d. Daerah Pemasaran**

Suatu pabrik didirikan hendaknya dekat dengan daerah pemasaran. Hal hal yang perlu diperhatikan diantaranya :

- Dekat dengan daerah pemasaran
- Kemampuan daya serap pasar
- Prospek pemasaran di masa mendatang
- Jarak pemasaran dengan lokasi pabrik dengan daerah yang akan dituju
- Sistem pemasaran yang dipakai

#### **e. Keadaan Geografis dan Iklim**

Suatu pabrik industri didirikan di lokasi yang tidak rawan terhadap bahaya seperti banjir, tanah longsor maupun gempa. Jadi pemilihan lokasi pendirian pabrik di kawasan Gunung Sari tepat, karena selain lahan yang masih luas, daerah penghijauan hutan masih cukup banyak sehingga mengurangi kadar polusi yang ditimbulkan oleh pabrik.

#### **4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik**

Faktor sekunder tidak secara langsung berperan dalam proses industri, akan tetapi sangat berpengaruh dalam kelancaran proses produksi dari pabrik. Adapun faktor-faktor sekunder adalah sebagai berikut:

##### **a. Perizinan**

Lokasi pabrik dipilih pada daerah kawasan industri hijau, hal ini juga memudahkan dalam perizinan pendirian pabrik. Pentingnya pengaturan tata letak pabrik merupakan bagian dalam proses pendirian suatu pabrik, hal-hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

- Transportasi yang baik dan efisien
- Segi keamanan kerja terpenuhi
- Pengoperasian, pengontrolan, pengangkutan, pemindahan, maupun perbaikan semua peralatan proses dapat dilakukan dengan mudah dan tentunya aman.
- Pemanfaatan area tanah dengan efisien. Prasarana dan Fasilitas Sosial

##### **b. Prasarana**

Prasarana seperti jalan raya dan kendaraan harus tersedia. Selain itu, fasilitas sosial, seperti fasilitas pendidikan, tempat ibadah, perbankan, dan perumahan agar dapat meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup.

##### **c. Sosial Masyarakat**

Sikap dari masyarakat diperkirakan akan mendukung pendirian pabrik karet alam siklis, hal ini dikarenakan akan menjamin tersedianya lapangan

pekerjaan bagi masyarakat. Selain itu, pendirian pabrik diperkirakan tidak akan mengganggu keselamatan maupun keamanan masyarakat sekitar

#### **d. Kondisi Iklim dan Cuaca**

Seperti daerah di Indonesia, maka iklim di sekitar lokasi pabrik khususnya daerah Sri Gunung, Kec. Sungai Lilin, Kab. Musi Banyuasin, Sumatera Selatan relatif stabil.

### **4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)**

Tata letak pabrik merupakan tempat dari bagian pabrik yang meliputi tempat penyimpanan bahan baku dan produk, tempat bekerjanya karyawan, maupun tempat peralatan. Ditinjau dari hubungan satu dengan yang lainnya, tata letak pabrik harus dirancang sedemikian rupa sehingga penggunaan area pabrik dapat efisien dan proses produksi maupun distribusi dapat dijamin proses kelancarannya sehingga keamanan, keselamatan, dan kenyamanan bagi karyawan dapat dipenuhi. Selain peralatan proses, beberapa bangunan fisik seperti laboratorium, klinik, kantin, pemadam kebakaran, kantor, pos keamanan, bengkel, tempat parkir, dan sebagainya ditempatkan pada bagian yang tidak mengganggu lalu lintas barang maupun proses.

Desain yang tepat dalam pendirian suatu pabrik harus mempertimbangkan unsur terkait lahan proses, *storage*, dan lahan alternatif dalam posisi yang efisien dan harus mempertimbangkan faktor-faktor, sebagai berikut:

- a. Letak peralatan produksi harus ditata dengan baik, sehingga memberikan kelancaran dan keamanan bagi para pekerja. Selain itu, posisi penempatan alat produksi diatur secara berurutan sesuai dengan urutan proses kerja dan

berdasarkan pertimbangan sehingga dapat diperoleh efisiensi teknis dan ekonomis.

- b. Peralatan yang berisiko tinggi harus diberi ruang yang cukup sehingga aman dan mudah melakukan penyelamatan jika terjadi kecelakaan, kebakaran, maupun proses yang tidak diinginkan
- c. Letak peralatan harus mempertimbangkan faktor perawatan dan pemeliharaan (*maintenance*) yang memberikan area yang cukup dalam pembongkaran dan penambahan alat bantu.
- d. Jalan di dalam pabrik harus cukup lebar dan memperhatikan faktor keamanan dan keselamatan manusia, sehingga lalu lintas dalam pabrik dapat berjalan dengan baik. Selain itu harus mempertimbangkan adanya jalan pintas jika terjadi keadaan darurat.
- e. Letak posisi dari alat ukur maupun alat kontrol harus mudah untuk dijangkau operator.
- f. Letak kantor dan gudang sebaiknya tidak jauh dari jalan utama.
- g. Instalasi dan Utilitas

Pemasangan dan distribusi seperti, gas, udara, *steam*, dan listrik akan membantu atau mempermudah proses kerja dan perawatan. Penempatan peralatan proses ditata sesuai dengan standar sehingga petugas dapat dengan mudah memantau dan melakukan perawatan agar proses produksi berjalan dengan lancar.

- h. Pengembangan lokasi baru atau penambahan/perluasan lokasi yang belum dikembangkan pada masa yang akan datang.

- i. *Fleksibilitas* dalam perencanaan tata letak pabrik dengan mempertimbangkan kemungkinan perubahan dari proses ataupun mesin, sehingga perubahan yang dilakukan tidak memerlukan biaya tinggi.
- j. *Servis area*, seperti kantin, tempat parkir, ruang ibadah, dan sebagainya diatur sedemikian rupa sehingga tidak terlalu jauh dari tempat kerja.

Tata letak pabrik dapat dibagi menjadi beberapa area utama seperti :

- a. Area administrasi atau kantor, laboratorium dan sarana atau fasilitas penunjang. Kantor merupakan pusat kegiatan administrasi pabrik, laboratorium sendiri berfungsi dalam melakukan pengawasan mutu bahan baku dan produk serta sebagai pusat pengembangan. Fasilitas penunjang dapat berupa kantin, masjid, klinik, taman dan lain sebagainya.
- b. Area proses dan ruang kontrol.  
  
Area proses merupakan tempat berlangsungnya kegiatan produksi dimana peralatan, mesin produksi, bahan baku dan produk ditempatkan. Ruang kontrol merupakan area pusat pengendalian dan pemantauan terhadap jalannya proses produksi.
- c. Area penyimpanan, bengkel dan garasi.  
  
Area penyimpanan digunakan untuk menyimpan bahan baku, pendukung maupun hasil produksi serta alat pendukung proses lainnya. Bengkel sendiri diperlukan sebagai sarana dalam memperbaiki bila ada peralatan yang rusak. Sedangkan garasi digunakan untuk menyimpan sarana transportasi.

d. Area utilitas dan *Power Station*

Area utilitas adalah lokasi yang menyediakan semua kebutuhan pendukung serta penyedia energi seperti listrik, air, *steam*, bahan bakar dan peralatan darurat lain seperti pemadam kebakaran.

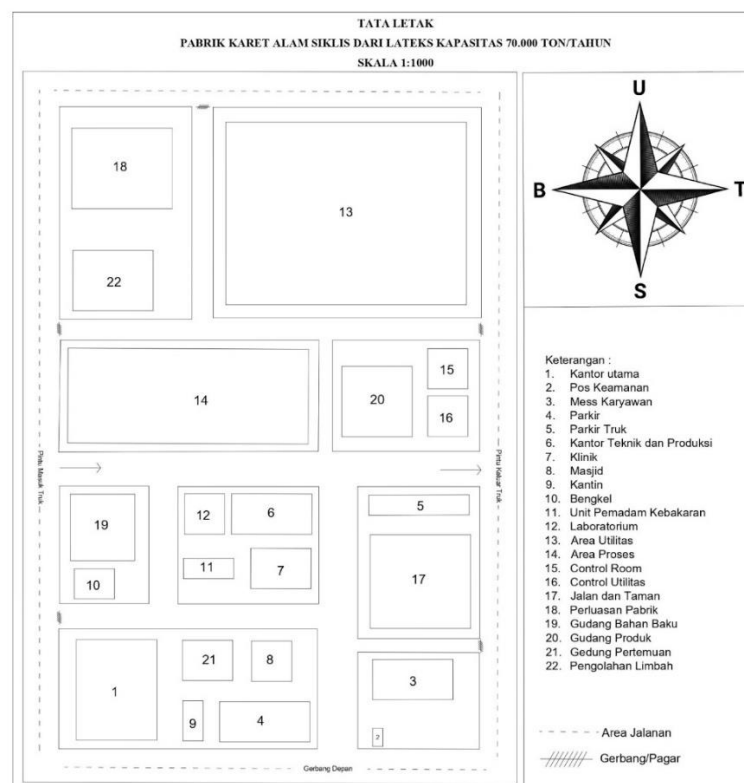
e. Area pengolahan limbah

Limbah produksi akan diproses dan dilakukan pengujian untuk memastikan bahan berbahaya yang terkandung masih berada dalam batas aman untuk dilepaskan ke lingkungan.

Tabel 4. 1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik

| No. | Bangunan                   | Ukuran (m) | Luas (m <sup>2</sup> ) |
|-----|----------------------------|------------|------------------------|
| 1   | Kantor utama               | 50 x 40    | 2000                   |
| 2   | Pos Keamanan               | 9 x 5      | 45                     |
| 3   | Mess                       | 40 x 20    | 800                    |
| 4   | Parkir                     | 45 x 20    | 900                    |
| 5   | Parkir Truk                | 50 x 10    | 500                    |
| 6   | Kantor Teknik dan Produksi | 40 x 20    | 800                    |
| 7   | Klinik                     | 30 x 20    | 600                    |
| 8   | Masjid                     | 20 x 20    | 400                    |
| 9   | Kantin                     | 10 x 20    | 200                    |
| 10  | Bengkel                    | 15 x 20    | 300                    |
| 11  | Unit Pemadam Kebakaran     | 25 x 10    | 250                    |
| 12  | Laboratorium               | 20 x 20    | 400                    |
| 13  | Utilitas                   | 453 x 361  | 163.196                |

| No.                  | Bangunan                                | Ukuran (m) | Luas (m2)      |
|----------------------|-----------------------------------------|------------|----------------|
| 14                   | Area Proses                             | 174 x 396  | 68.754         |
| 15                   | <i>Control Room</i>                     | 20 x 20    | 400            |
| 16                   | <i>Control Utilitas</i>                 | 20 x 20    | 400            |
| 17                   | Jalan dan Taman                         | 50 x 50    | 2500           |
| 18                   | Perluasan Pabrik                        | 50 x 40    | 2000           |
| 19                   | Gudang Bahan Baku                       | 32 x 33    | 1056           |
| 20                   | Gudang Produk                           | 35 x 35    | 1225           |
| 21                   | Gedung Pertemuan /<br>Gedung Serba Guna | 25 x 20    | 500            |
| 22                   | Pengolahan Limbah                       | 40 x 30    | 1200           |
| <b>Luas Bangunan</b> |                                         |            | <b>244.048</b> |
| <b>Luas Tanah</b>    |                                         |            | <b>292.858</b> |

Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

### 4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses (*Machines Layout*)

Tata letak mesin proses merupakan pengaturan yang dilakukan terhadap alat-alat proses pabrik. Hal ini menjadi faktor yang penting karena berkaitan dengan keamanan dan keselamatan pekerja. Tata letak alat proses disesuaikan dari masing-masing alat dan urutan proses kerjanya. Perancangan tata letak yang optimum dapat menguntungkan secara ekonomi karena dapat meminimalisir biaya konstruksi dan operasional produksi yang dapat berjalan secara efisien. Dalam perancangan tata letak peralatan proses ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, antara lain :

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

Proses pengaliran dari suatu bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang menguntungkan serta menunjang kelancaran dan keamanan proses produksi. Perlu diperhatikan terkait elevasi dari pipa untuk pipa diatas tanah perlu dipasang pada ketinggian 2 meter atau lebih dan untuk untuk pemipaan pada permukaan tanah harus diatur agar tidak mengganggu dalam lalu lintas pekerja.

#### **b. Aliran Udara**

Aliran udara yang lancar sangat diperlukan dalam suatu proses industri. Hal ini dilakukan untuk menghindari adanya stagnasi udara yang dapat menyebabkan bahan kimia di suatu tempat tidak terakumulasi yang dapat membahayakan keselamatan. Oleh sebab itu perlu diperhatikan akan arah hembusan angin.

#### **c. Pencahayaan**

Pencahayaan di seluruh area pabrik sangat penting untuk diperhatikan agar sesuai dengan standar untuk meminimalisir terjadinya kecelakaan pabrik. Sangat penting perlu diperhatikan pencahayaan pada tempat-tempat proses berbahaya dan memiliki resiko tinggi.

**d. Ekonomi**

Letak alat-alat proses harus sebaik mungkin sehingga dapat memberikan biaya konstruksi dan operasi yang minimal. Biaya konstruksi dapat diminimalkan dengan mengatur letak alat sehingga menghasilkan peralatan yang efisien dan membutuhkan bahan konstruksi paling sedikit.

**e. Perawatan**

Letak alat proses harus dapat memperhatikan ruangan untuk perawatan. Misalnya pada alat *heat exchanger* harus memerlukan ruangan yang cukup untuk pembersihan *Tube*.

**f. Keamanan**

Letak alat-alat proses harus sebaik mungkin, agar jika terjadi kebakaran tidak ada yang terperangkap di dalamnya serta mudah dijangkau oleh kendaraan atau alat pemadam kebakaran.

**g. Lalu lintas manusia dan kendaraan**

Penempatan alat proses harus diatur. Dalam perancangan layout peralatan, perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah, selain itu agar apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki, serta keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya perlu di

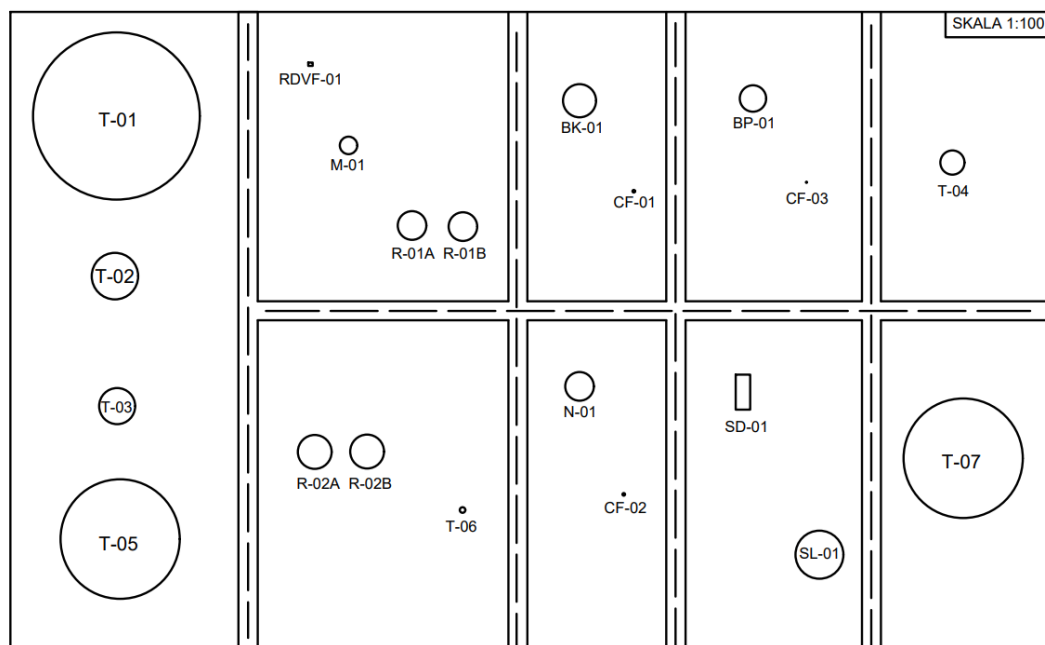
prioritaskan.

#### **h. Pertimbangan ekonomi**

Peralatan proses perlu ditempatkan secara optimal agar dapat meminimalisir pengeluaran biaya sehingga dapat menguntungkan secara ekonomi dan menjamin kelancaran serta keamanan produksi di pabrik.

#### **i. Jarak antar alat proses**

Dalam penempatan alat proses perlu dipertimbangkan jarak antar alat.



Gambar 4. 3 Tata Letak Mesin Proses

### **4.4 Organisasi Perusahaan**

Organisasi perusahaan dibuat untuk membagi tugas dan wewenang masing masing karyawan agar dapat berjalan dengan baik.

#### **4.4.1 Bentuk Perusahaan**

Pabrik Karet Alam Siklis dengan kapasitas 70.000 ton/tahun akan dibangun dalam bentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas merupakan (PT) adalah

bentuk perusahaan yang modalnya berasal penjualan saham dimana tiap pihak turut mengambil bagian sebanyak satu satuan atau lebih. Pemegang saham bertanggung jawab melakukan penyetoran penuh terhadap jumlah yang disebutkan dalam tiap saham. Berikut ini alasan dibentuknya Perseroan Terbatas (PT), yaitu :

- a. Mudah dalam mendapatkan modal dengan menjual saham perusahaan
- b. Tanggung jawab dari pemegang saham terbatas, hanya pimpinan perusahaan yang memegang kelancaran produksi
- c. Berhentinya pemegang saham, direksi maupun staf karyawan perusahaan tidak mempengaruhi kelangsungan hidup perusahaan
- d. Pemegang saham dapat memilih seseorang yang ahli untuk menjadi dewan komisaris dan direktur yang berpengalaman sehingga dapat memberikan manajemen yang lebih efisien
- e. Pemilik perusahaan adalah pemegang saham, sedangkan pengurus perusahaan adalah direksi beserta staf yang diawasi oleh dewan komisaris.

Bentuk Perseroan Terbatas (PT) memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

- a. Dibentuk berdasarkan hukum
- b. Pembentukan menjadi suatu badan hukum harus disertai dengan akte perusahaan yang berisi informasi mengenai nama perusahaan, tujuan perusahaan, jumlah modal dan lokasi perusahaan. Akte perusahaan tersebut diserahkan dengan disertai uang yang diminta sesuai dengan keperluan pemerintah untuk mendapatkan izin yang sah agar terlindungi secara hukum dalam mengatur tata kelola intern perusahaan

- c. Badan hukum terpisah dari pemegang saham atau pemilik
- d. Perseroan Terbatas (PT) didirikan bukan terdiri atas perkumpulan para pemegang saham, namun suatu badan hukum yang terpisahkan. Apabila pemilik saham meninggal dunia, saham dapat dimiliki oleh ahli waris atau pihak lain yang sesuai dengan ketentuan hukum sehingga kegiatan-kegiatan tidak terpengaruh olehnya
- e. Memberikan keuntungan pada kegiatan-kegiatan yang berskala besar
- f. bentuk Perseroan Terbatas (PT) cocok bagi perusahaan yang memiliki skala besar dan aktivitas yang kompleks
- g. Pemegang saham adalah pemilik perusahaan
- h. Modal ditentukan dalam akta pendirian yang terdiri dari saham-saham
- i. Pemimpin perusahaan adalah direksi yang ditunjuk oleh para pemegang saham

#### **4.4.2 Struktur Perusahaan**

Organisasi merupakan suatu wadah atau alat dimana masing-masing orang berpacu pada satu visi dengan melakukan kegiatan untuk mencapai tujuan yang ingin diharapkan. Struktur organisasi merupakan gambaran secara sistematis mengenai tugas dan tanggung jawab, serta hubungan antara bagian dalam perusahaan. Struktur organisasi dari suatu perusahaan dapat bermacam-macam sesuai dengan bentuk dan kebutuhan dari masing-masing perusahaan. Berdasarkan bentuknya, struktur organisasi terbagi menjadi 3 macam, yaitu:

### 1. Organisasi Lini

Bentuk organisasi yang diciptakan oleh Henry Fayol memiliki ciri yaitu pada garis wewenang sepenuhnya langsung dari kekuasaan tertinggi ke bawahan sehingga organisasi lini relatif lebih kecil dan sederhana.

### 2. Organisasi Lini dan *Staff*

Kombinasi antara organisasi lini dan fungsional adalah penggambaran untuk bentuk organisasi ini. Keputusan tertinggi berada pada pimpinan yang dibantu oleh staf untuk membantu dalam proses kelancaran perusahaan dengan kata lain karyawan bertanggung jawab atas seorang atasan saja. Batasan tugas dari staf hanya seputar memberikan pemikiran terkait saran dan informasi dalam pengambilan keputusan.

### 3. Organisasi fungsional

Organisasi fungsional didasarkan pada pembagian tugas yang disesuaikan dengan kemampuan masing-masing staff.

Dalam mengkonsepkan suatu organisasi, ada beberapa hal yang mesti dijadikan perhatian, antara lain :

- a. Tujuan perusahaan
- b. Pemberian wewenang yang sewajarnya
- c. Pembagian tugas kerja yang sewajarnya
- d. Arah perintah yang jelas

Pada pabrik karet alam siklus ini, bentuk organisasinya adalah lini dan staff. Terdapat pengelompokan wewenang yaitu lini dan staff. Kelompok lini merupakan orang-orang yang mengerjakan tugas pokok diantaranya memberi keputusan dan

kebijaksanaan dalam mencapai tujuan perusahaan, sedangkan kelompok staf merupakan orang-orang yang membantu untuk merealisasikan tujuan tersebut. Dalam hal ini kelompok lini akan melakukan tugas pokok organisasi, sedangkan kelompok staf mengerjakan kegiatan penunjang. Metode ini memberikan penugasan yang jelas antara pimpinan hingga staff sehingga meningkatkan koordinasi. Pada pabrik karet alam siklis terdapat 3 posisi pegawai dalam setiap departemen, antara lain:

**1. *Supervisi* / Kepala Bagian**

*Supervisi* bertugas untuk mengawasi serta mengendalikan proses di pabrik, mengawasi kerja dan mengevaluasi kinerja karyawan sudah sesuai standar yang telah ditetapkan dan memberikan arahan pada bawahannya.

**2. *Junior Supervisi* / Kepala Seksi**

*Junior Supervisi* bertugas sebagai asisten dari *Supervisi* serta bertanggung jawab untuk mengawasi kinerja karyawan.

**3. Karyawan**

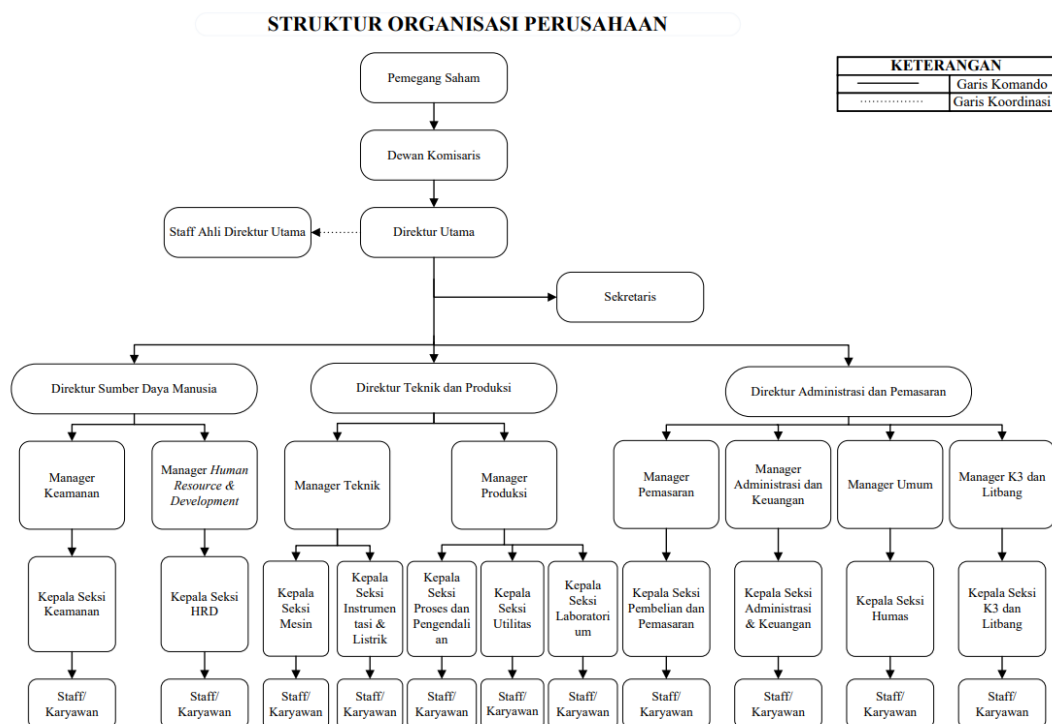
Karyawan bertugas sebagai pelaksana yang berada di bawah arahan *Supervisi* dan *Junior Supervisi*. Karyawan akan melakukan tugas-tugas yang diberikan sesuai dengan departemen.

Berdasarkan hal-hal tersebut maka dibentuklah suatu struktur organisasi dengan jenjang kepemimpinan sebagai berikut :

- a. Pemegang saham
- b. Dewan komisaris
- c. Direktur Utama

- d. Direktur
- e. Kepala Bagian / *Supervisi*
- f. Kepala Seksi / *Junior Supervisi*
- g. Karyawan dan Operator

Dari organisasi diatas memiliki tanggung jawab dan wewenang dari masing-masing jenjang kepemimpinan yang berbeda-beda. Tanggung jawab dan wewenang tertinggi terletak pada puncak pimpinan yaitu dewan komisaris, sedangkan kekuasaan tertinggi berada pada pemegang saham.



Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan

#### **4.4.3 Tugas dan Wewenang**

##### **a. Pemegang Saham**

Pemegang saham merupakan orang yang mengumpulkan dana untuk membangun dan menjalankan operasi perusahaan. Oleh sebab itu badan tertinggi dalam perseroan terbatas adalah rapat umum pemegang saham dimana dalam hal tersebut terjadi :

- Pengangkatan dan pemberhentian kepada komite
- Pemilihan dan pemberhentian kepada direksi
- Peninjauan hasil hitung laba rugi tahunan perusahaan

##### **b. Dewan Komisaris**

Seorang dewan komisaris bertugas mewakili pemilik perusahaan dalam mengawasi jalannya operasi perusahaan yang dipilih dalam Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Berikut merupakan tugas dari Dewan Komisaris :

- Memberikan penilaian dan persetujuan terkait rancangan yang dibuat oleh direksi terkait kebijaksanaan, target laba, alokasi sumber dana dan pengarahannya pemasaran
- Mengadakan rapat tahunan para pemegang saham
- Melakukan pengawasan kepada tugas tugas direksi
- Memberikan bantuan kepada direksi terkait hal hal yang penting

##### **c. Direktur Utama**

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam suatu perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya atas maju atau mundurnya suatu perusahaan.

Direktur utama bertanggung jawab terhadap dewan komisaris atas segala tindakan dan kebijakan yang diambil sebagai pimpinan perusahaan. Tugas dari direktur utama antara lain:

- Melaksanakan kebijakan perusahaan dan mempertanggungjawabkan pekerjaannya kepada pemegang saham pada akhir jabatannya.
- Menjaga stabilitas organisasi perusahaan dan membuat kontinuitas hubungan baik antara pemilik saham, pimpinan, konsumen, dan karyawan.
- Mengawasi kinerja manajer dan membuat rencana jangka panjang yang kemudian akan dilaksanakan oleh manajer dan jajarannya.
- Mengkoordinir kerja sama dengan direktur produksi serta direktur keuangan dan umum.
- Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham.

Direktur utama membawahi direktur operasi dan produksi serta direktur administrasi dan umum. Tugas dari direktur operasi dan produksi yaitu memimpin pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan segala hal yang menyangkut kegiatan produksi meliputi proses produksi dan operasi pabrik, pengembangan, pemeliharaan, peralatan, pengadaan, dan laboratorium. Sementara itu tugas dari direktur administrasi dan umum yaitu bertanggung jawab terhadap masalah yang berhubungan dengan administrasi, personalia, keuangan, pemasaran, humas, dan keselamatan kerja.

#### **d. Direktur**

Tugas direktur secara umum adalah melakukan koordinasi dan pengawasan terhadap pekerjaan di lingkungan atau bagiannya yang sesuai dengan pemberian pimpinan perusahaan. Pada perusahaan yang dibangun ini, terdiri atas direktur teknik dan produksi, serta direktur umum dan keuangan. Direktur teknik dan produksi memiliki tugas dan wewenang kepada direktur utama dalam bidang teknik, *Research and development* (R&D) dan bidang produksi agar dapat dikoordinasikan, diatur dan diawasi pelaksanaan pekerjaan kepala bagian yang menjadi bawahannya. Beda halnya dengan direktur utama dan keuangan yang bertanggung jawab terhadap direktur utama dalam bidang keuangan, bidang umum, bidang *health safety environment* (HSE) dan pemasaran serta mengkoordinasi, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala bagian yang menjadi bawahannya

#### **e. Kepala Bagian**

Secara umum tugas kepala bagian adalah mengkoordinir, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis-garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala bagian ini bertanggung jawab kepada direktur masing-masing. Kepala bagian terdiri atas:

##### **1. Kepala Bagian Proses dan Utilitas**

Tugas dari kepala bagian proses dan utilitas yaitu mengkoordinasi kegiatan pabrik dalam bidang proses dan penyediaan bahan baku.

##### **2. Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi**

Tugas dari kepala bagian pemeliharaan listrik dan instrumentasi yaitu bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan fasilitas dan sarana penunjang kegiatan produksi.

### **3. Kepala Bagian Penelitian, Pengembangan, dan Pengadaan Mutu**

Tugas dari kepala bagian penelitian, pengembangan, dan pengadaan mutu yaitu mengkoordinasi kegiatan yang berhubungan dengan proses penelitian, pengembangan, dan pengendali mutu.

### **4. Kepala Bagian Keuangan dan Pemasaran**

Tugas dari kepala bagian keuangan dan pemasaran yaitu mengkoordinasi kegiatan pemasaran, pengadaan barang, dan pembukuan keuangan.

### **5. Kepala Bagian Administrasi**

Tugas dari kepala bagian administrasi yaitu bertanggung jawab terhadap kegiatan tata usaha, personalia, dan rumah tangga perusahaan.

### **6. Kepala Bagian Humas dan Keuangan**

Tugas dari kepala bagian humas dan keuangan yaitu bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan antara perusahaan dan masyarakat serta menjaga keamanan perusahaan.

### **7. Kepala Bagian Kesehatan Kerja dan Lingkungan**

Tugas dari kepala bagian kesehatan kerja dan lingkungan yaitu bertanggung jawab terhadap keamanan pabrik dan keselamatan kerja karyawan.

#### **f. Kepala Seksi**

Kepala seksi merupakan pelaksana pekerja dalam lingkup bagian sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh kepala bagian masing-masing. Setiap kepala seksi

tentunya bertanggung jawab terhadap kepala bagian masing-masing sesuai dengan seksinya. Kepala seksi terdiri atas :

**1. Kepala Seksi Proses**

Kepala seksi proses bertugas menangani hal-hal yang dapat mengancam jalannya produksi dan keselamatan pekerja serta mengurangi potensi bahaya yang ada.

**2. Kepala Seksi Pengendalian**

Bertugas mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan pengendalian dan pengawasan mutu.

**3. Kepala Seksi Laboratorium**

Kepala seksi laboratorium bertugas mengawasi dan menganalisa mutu terhadap bahan baku dan bahan pembantu, mengawasi serta menganalisa mutu produksi, dan mengawasi hal-hal terkait pembuangan pabrik.

**4. Kepala Seksi Pemeliharaan dan Bengkel**

Kepala seksi pemeliharaan dan bengkel bertugas dan bertanggung jawab atas kegiatan perawatan dan penggantian alat-alat serta fasilitas pendukungnya.

**5. Kepala Seksi Instrumentasi dan Elektronik**

Kepala seksi instrumentasi dan elektronik memiliki tugas yaitu bertanggung jawab atas penyediaan listrik serta kelancaran alat-alat instrumentasi.

**6. Kepala Seksi Utilitas**

Tugasnya yaitu bertanggung jawab terhadap penyediaan air, *steam*, bahan bakar, dan udara tekan baik untuk proses maupun instrumentasi.

**7. Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan**

Tugasnya yaitu mempertinggi mutu dan pemilihan pemasaran produk ke suatu tempat, memperbaiki proses dari pabrik atau perencanaan alat untuk pengembangan produksi dan mempertinggi efisiensi kerja.

**8. Kepala Seksi Penjualan/Pemasaran**

Kepala seksi pemasaran bertugas untuk merencanakan strategi penjualan hasil produksi dan mengatur distribusi barang dari gudang.

**9. Kepala Seksi Pembelian**

Bertugas dalam melakukan pembelian bahan baku dan peralatan yang dibutuhkan perusahaan, serta mengetahui harga pasaran dari suatu bahan baku dan mengatur keluar masuknya bahan dan alat dari gudang.

**10. Kepala Seksi Personalia**

Bertanggung jawab dalam hal sumber daya manusia, tugasnya adalah mengelola sumber daya manusia, membina tenaga kerja dan menciptakan suasana kerja yang baik agar tidak terjadi pemborosan waktu dan biaya serta mendisiplinkan kerja agar tercipta kondisi yang tenang.

**11. Kepala Seksi Humas**

Bertanggung jawab dalam mengatur hubungan dengan masyarakat atau hubungan antar perusahaan dengan masyarakat di luar perusahaan.

## **12. Kepala Seksi Keamanan**

Bertanggung jawab terhadap masalah keamanan di lingkungan pabrik serta menjaga semua bangunan dan fasilitas perusahaan, mengawasi keluar masuknya orang baik karyawan atau bukan di lingkungan pabrik serta menjaga rahasia yang berhubungan dengan internal perusahaan.

## **13. Kepala Seksi Administrasi**

Bertugas dalam melakukan penyelenggaraan pencatatan keuangan dalam hal administrasi seperti pencatatan hutang piutang, administrasi, persediaan kantor, pembukuan serta masalah perpajakan.

## **14. Kepala Seksi Kas/Anggaran**

Bertugas dalam melakukan perhitungan penggunaan uang perusahaan serta perhitungan jadi dan intensif karyawan.

## **15. Kepala Seksi Pemadam Kebakaran**

Bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Kesehatan Kerja dan Lingkungan dalam tanggap darurat kecelakaan kerja akibat kebakaran. Kepala Seksi Pemadaman Kebakaran bertugas melakukan pelatihan dan himbauan terhadap cara-cara penyelamatan diri dari pemadaman api kebakaran dalam keadaan darurat.

## **16. Kepala Seksi Medis**

Bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Kesehatan Kerja dan Lingkungan dalam hal kesehatan dimana tugasnya adalah melakukan check up terhadap kondisi pekerja yang bekerja di pabrik serta melakukan pertolongan pertama terhadap terjadinya kecelakaan kerja.

### **17. Kepala Seksi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)**

Bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Kesehatan Kerja dan Lingkungan dalam hal keselamatan dan kesehatan kerja di lingkungan kerja dan produksi. Tugas dari kepala seksi ini adalah melakukan manajemen dan tata tertib terhadap para pekerja serta melakukan pelatihan mengenai K3 untuk meningkatkan kualitas pekerja dalam memahami konsep *behavior based safety*.

### **18. Karyawan dan Operator**

Operator bertugas dalam menjalankan mesin produksi, memastikan kelancaran proses produksi, memastikan kelancaran proses produksi, dan mengontrol kualitas dari produk.

#### **4.4.4 Status Karyawan dan Sistem Upah**

Status perusahaan dapat berkembang dengan baik jika didukung oleh beberapa faktor. Salah satu faktor yang dapat mendukung perkembangan perusahaan adalah pemakaian sumber daya manusia untuk ditempatkan pada bidang-bidang pekerjaan yang sesuai dengan keahlian yang dimiliki. Faktor tenaga kerja merupakan faktor yang sangat menunjang dalam masalah kelangsungan berjalannya proses produksi serta menjamin beroperasinya alam dalam pabrik. Maka dari itu harus dijaga hubungan antara karyawan dengan perusahaan, karena hubungan yang baik akan menimbulkan semangat kerja dan dapat meningkatkan produktivitas kerjanya, tentunya hal ini juga akan meningkatkan produktivitas perusahaan. Hubungan yang baik jika terdapat komunikasi dan fasilitas yang diberikan perusahaan kepada karyawan. Salah satu contoh adalah sistem penggajian

atau pengupahan yang sesuai dengan Upah Minimum Regional (UMR) sehingga kesejahteraan dapat ditingkatkan.

Sistem upah karyawan pada perusahaan tentunya berbeda-beda tergantung status karyawan, kedudukan, tanggung jawab, dan keahlian yang dimiliki. Penggolongan karyawan dapat dibagi menjadi tiga bagian atau golongan, yaitu:

**a. Karyawan Tetap**

Karyawan tetap merupakan karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK) dari direksi dan akan mendapatkan gaji harian yang dibayar setiap bulan.

**b. Karyawan Harian**

Karyawan harian merupakan karyawan yang diangkat dan diberhentikan tanpa surat keputusan direksi dan mendapat upah yang dibayar tiap akhir pekan.

**c. Karyawan Borongan**

Karyawan borongan merupakan karyawan yang bekerja ketika diperlukan. Karyawan borongan menerima gaji untuk suatu pekerjaan yang dilakukan.

#### **4.4.5 Pembagian Jadwal dan Jam Kerja**

Pabrik karet alam siklis direncanakan beroperasi selama 24 jam sehari secara kontinyu. Jumlah hari kerja selama setahun yaitu 365 hari. Hari lainnya digunakan untuk proses perawatan dan perbaikan dengan catatan hari kerja:

### 1. Cuti Tahunan

Karyawan mempunyai hak terhadap cuti tahunan selama 12 hari setiap tahun. Bila dalam waktu 1 tahun hak cuti tersebut tidak dipergunakan, maka hak tersebut akan hilang pada tahun tersebut.

### 2. Hari Libur Nasional

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

### 3. Kerja Lembur (*Overtime*)

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

Dalam kerjanya, karyawan dibedakan menjadi dua, yaitu karyawan *non shift* dan karyawan *shift*.

#### a. Karyawan *Non shift*

Karyawan *non shift* adalah karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung seperti Direktur, Staf Ahli, Kepala Bagian, Kepala Seksi dan seluruhnya yang bertugas di kantor. Jam kerja karyawan *non shift* adalah 5 hari dalam seminggu dengan maksimal jumlah jam kerja 40 jam selama seminggu dan selebihnya terhitung sebagai lembur. Hari biasa untuk lembur terhitung 1,5 kali jam kerja sedangkan pada hari libur adalah 2 kali jam kerja. Jam kerja karyawan *non shift* diatur sebagai berikut :

- Senin - Kamis : 08.00 - 17.00 WIB (Istirahat 12.00 - 13.00)
- Jumat : 08.00 - 17.00 WIB (Istirahat 11.00 - 13.00)

- Sabtu - Minggu : Hari libur, termasuk hari libur nasional

b. Karyawan *Shift*

Karyawan *shift* adalah karyawan yang secara langsung menangani proses produksi dan mengatur bagian-bagian tertentu di pabrik yang berhubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi sehingga tidak dapat ditinggalkan. Karyawan *shift* terdiri atas operator produksi, bagian teknik, bagian gudang dan utilitas, bagian pengendalian, laboratorium termasuk petugas keamanan. Karyawan akan bergantian yang terbagi dalam 3 *shift* dengan pengaturan sebagai berikut :

- *Shift* Pagi : 08.00 - 16.00 WIB
- *Shift* Sore : 16.00 - 00.00 WIB
- *Shift* Malam : 00.00 - 08.00 WIB

Jadwal kerja berlangsung selama 8 jam sehari. Karyawan *shift* bekerja dengan sistem 3 hari kerja dan 1 hari libur. Hari libur dan hari besar yang ditetapkan pemerintah tetap bertugas. Berikut adalah pembagian jadwal kerja karyawan *shift* :

Tabel 4. 2 Pembagian *Shift* Karyawan

|   | Tanggal |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
|---|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
|   | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| A | P       | S | M | L | P | S | M | L | P | S  | M  | L  | P  | S  | M  |
| B | L       | P | S | M | L | P | S | M | L | P  | S  | M  | L  | P  | S  |
| C | M       | L | P | S | M | L | P | S | M | L  | P  | S  | M  | L  | P  |
| D | S       | M | L | P | S | M | L | P | S | M  | L  | P  | S  | M  | L  |

|   | Tanggal |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|   | 16      | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| A | L       | P  | S  | M  | L  | P  | S  | M  | L  | P  | S  | M  | L  | P  | S  |
| B | M       | L  | P  | S  | M  | L  | P  | S  | M  | L  | P  | S  | M  | L  | P  |
| C | S       | M  | L  | P  | S  | M  | L  | P  | S  | M  | L  | P  | S  | M  | L  |
| D | P       | S  | M  | L  | P  | S  | M  | L  | P  | S  | M  | L  | P  | S  | M  |

Keterangan :

A, B, C, D : Kelompok Kerja

L : Libur

P, S, M : Pagi, Siang, Malam

#### 4.4.6 Penggolongan Jabatan dan Sistem Gaji

##### 1. Penggolongan Jabatan

Masing-masing jabatan dan struktur organisasi diisi oleh orang-orang dengan spesifikasi pendidikan yang sesuai dengan jabatan maupun tanggung jawabnya. Jenjang pendidikan karyawan yang diperlukan berkisar dari lulusan SMA hingga S-2. Penggolongan terkait jabatan berdasarkan jenjang pendidikan dapat dilihat pada tabel 4.3

Tabel 4. 3 Penggolongan Jabatan

| No | Jabatan                   | Pendidikan |
|----|---------------------------|------------|
| 1  | Direktur Utama            | S-2        |
| 2  | Sekretaris Direktur Utama | S-1        |
| 3  | Staff Ahli Direktur Utama | S-1        |

| No | Jabatan                                             | Pendidikan |
|----|-----------------------------------------------------|------------|
| 4  | Direktur Sumber Daya Manusia                        | S-1        |
| 5  | Direktur Teknik dan Produksi                        | S-1        |
| 6  | Direktur Umum dan Keuangan                          | S-1        |
| 7  | Kepala Bagian Umum                                  | S-1        |
| 8  | Kepala Bagian Pemasaran                             | S-1        |
| 9  | Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan             | S-1        |
| 10 | Kepala Bagian Teknik                                | S-1        |
| 11 | Kepala Bagian <i>Human Resource and Development</i> | S-1        |
| 12 | Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan            | S-1        |
| 13 | Kepala Seksi Keamanan                               | S-1        |
| 14 | Kepala Seksi Mesin                                  | S-1        |
| 15 | Kepala Seksi Proses dan Pengendalian                | S-1        |
| 16 | Kepala Seksi Utilitas                               | S-1        |
| 17 | Kepala Seksi Laboratorium                           | S-1        |
| 18 | Kepala Seksi Utilitas                               | S-1        |
| 19 | Kepala Seksi Laboratorium                           | S-1        |
| 20 | Kepala Seksi Pembelian dan Pemasaran                | S-1        |
| 21 | Kepala Seksi Kepala Seksi Administrasi dan Keuangan | S-1        |
| 22 | Kepala Seksi Humas                                  | S-1        |
| 23 | Kepala Seksi K3 dan Litbang                         | S-1        |
| 24 | Kepala Seksi HRD                                    | S-1        |
| 25 | Kepala Seksi Keamanan                               | D-3        |

| No | Jabatan                 | Pendidikan     |
|----|-------------------------|----------------|
| 24 | Operator                | D-3/D-4/S-1    |
| 25 | <i>Cleaning Service</i> | SLTA/Sederajat |
| 26 | <i>Security</i>         | SLTA/Sederajat |
| 27 | Supir                   | SLTA/Sederajat |
| 28 | Bengkel                 | SLTA/D-3       |
| 29 | Dokter                  | S-1            |
| 30 | Perawat                 | D3/D-4/S-1     |
| 31 | Karyawan                | D-3/S-1        |

## 2. Jumlah Karyawan

Jumlah karyawan tentunya harus disesuaikan secara tepat sehingga semua pekerjaan yang ada dapat diselesaikan dengan baik dan efisien. Jumlah karyawan pada setiap posisi tergantung pada kebutuhan yang ada.

### a. Jumlah karyawan *non-shift*

Berikut ini rincian terkait jumlah karyawan *non shift* dapat dilihat pada tabel

Tabel 4. 4 Jumlah Karyawan *Non-Shift*

| No       | Jabatan                      | Jumlah |
|----------|------------------------------|--------|
| <b>A</b> | <b>Direktur Utama</b>        | 1      |
| 1        | Sekretaris Direktur Utama    | 1      |
| 2        | Staf Ahli Direktur Utama     | 1      |
| <b>B</b> | <b>Direktur</b>              |        |
| 1        | Direktur Sumber Daya Manusia | 1      |
| 2        | Direktur Teknik dan Produksi | 1      |

|          |                                                     |    |
|----------|-----------------------------------------------------|----|
| 3        | Direktur Umum dan Keuangan                          | 1  |
| <b>C</b> | <b>Manager (Kepala Bagian)</b>                      |    |
| 1        | Kepala Bagian Umum                                  | 1  |
| 2        | Kepala Bagian Pemasaran                             | 1  |
| 3        | Kepala Bagian Administrasi & Keuangan               | 1  |
| 4        | Kepala Bagian Teknik                                | 1  |
| 5        | Kepala Bagian Produksi                              | 1  |
| 6        | Kepala Bagian <i>Human Resource and Development</i> | 1  |
| 7        | Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan           | 1  |
| 8        | Kepala Seksi Keamanan                               | 1  |
| 9        | Kepala Seksi Mesin                                  | 1  |
| 10       | Kepala Seksi Proses dan Pengendalian                | 1  |
| 11       | Kepala Seksi Utilitas                               | 1  |
| 12       | Kepala Seksi Laboratorium                           | 1  |
| 13       | Kepala Seksi Pembelian dan Pemasaran                | 1  |
| 14       | Kepala Seksi Administrasi dan Keuangan              | 1  |
| 15       | Kepala Seksi Humas                                  | 1  |
| 16       | Kepala Seksi K3 dan Litbang                         | 1  |
| 17       | Kepala Seksi Keamanan                               | 1  |
| 18       | Kepala Seksi HRD                                    | 1  |
| <b>D</b> | <b>Karyawan</b>                                     |    |
| 1        | Karyawan Produksi                                   | 13 |
| 2        | Karyawan <i>Control Room</i>                        | 21 |
| 3        | Karyawan Utilitas dan Pengolahan Limbah             | 17 |

|                     |                                                   |            |
|---------------------|---------------------------------------------------|------------|
| 4                   | Karyawan Perawatan Pabrik                         | 3          |
| 5                   | Karyawan <i>Quality Control</i>                   | 4          |
| 6                   | Karyawan Instrumentasi Listrik                    | 6          |
| 7                   | Karyawan Penelitian Proses dan Teknologi          | 3          |
| 8                   | Karyawan Laboratorium                             | 4          |
| 9                   | Karyawan Keselamatan Kerja dan Proteksi Kebakaran | 6          |
| 10                  | Karyawan Administrasi dan Keuangan                | 3          |
| 11                  | Karyawan Penjualan                                | 3          |
| 12                  | Karyawan Pembelian                                | 3          |
| 13                  | Karyawan Analisa Pasar                            | 3          |
| 14                  | Karyawan Pelayanan Umum                           | 3          |
| 15                  | Karyawan Humas                                    | 3          |
| 16                  | Karyawan Gudang                                   | 3          |
| 17                  | Karyawan Keamanan / <i>Security</i>               | 6          |
| <b>E</b>            | <b>Medis</b>                                      |            |
| 1                   | Dokter                                            | 2          |
| 2                   | Perawat                                           | 6          |
| 3                   | <i>Driver</i>                                     | 3          |
| <b>Jumlah Total</b> |                                                   | <b>139</b> |

b. Jumlah Karyawan *Shift*

Penentuan jumlah karyawan *shift* dapat dilakukan dengan melihat jenis proses ataupun jumlah unit proses yang ada. Berdasarkan buku *Chemical Engineering Process Design and Economics*, Ulrich hal 329 tabel 6-2, penentuan rincian jumlah karyawan proses dapat dilihat pada tabel 4.5

Tabel 4. 5 Kebutuhan Operator Pada Alat Proses

| No                 | Alat                  | Jumlah Unit | Jumlah<br>(Operator/Unit/<br><i>Shift</i> ) | Total<br>Karyawan<br>(Operator/<br><i>Shift</i> ) |
|--------------------|-----------------------|-------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| <b>Alat Proses</b> |                       |             |                                             |                                                   |
| 1                  | RDVF                  | 1           | 0,1                                         | 0,1                                               |
| 2                  | Mixer                 | 1           | 0,1                                         | 0,1                                               |
| 3                  | Reaktor               | 2           | 0,5                                         | 1                                                 |
| 4                  | Bak Koagulasi         | 1           | 0,5                                         | 0,5                                               |
| 5                  | <i>Centrifuge</i>     | 3           | 0,25                                        | 0,75                                              |
| 6                  | <i>Neutralizer</i>    | 1           | 0,5                                         | 0,5                                               |
| 7                  | Bak Pencucian         | 1           | 0,5                                         | 0,5                                               |
| 8                  | <i>Spray Dryer</i>    | 1           | 1,0                                         | 1                                                 |
| 9                  | Tangki Penyimpanan    | 11          | 0,1                                         | 1,1                                               |
| 10                 | Silo                  | 1           | 0,1                                         | 0,1                                               |
| 11                 | <i>Compressor</i>     | 1           | 0,1                                         | 0,1                                               |
| 12                 | Pompa                 | 18          | 0,2                                         | 3,6                                               |
| 13                 | <i>Conveyor</i>       | 5           | 0,2                                         | 1                                                 |
| 14                 | <i>Heat Exchanger</i> | 3           | 0,2                                         | 0,6                                               |
| 15                 | <i>Cooler</i>         | 1           | 0,2                                         | 0,2                                               |
| <b>Total</b>       |                       |             |                                             | <b>11,15</b>                                      |
| <b>Utilitas</b>    |                       |             |                                             |                                                   |
| 1                  | Bak Sedimentasi       | 1           | 0,5                                         | 0,5                                               |
| 2                  | Tangki Tawas          | 1           | 0,1                                         | 0,1                                               |

|    |                                                            |    |     |     |
|----|------------------------------------------------------------|----|-----|-----|
| 3  | Tangki Soda Kaustik                                        | 1  | 0,1 | 0,1 |
| 4  | Tangki Kapur                                               | 1  | 0,1 | 0,1 |
| 5  | <i>Clarifier</i>                                           | 1  | 0,2 | 0,2 |
| 6  | <i>Sand Filter</i>                                         | 1  | 0,2 | 0,2 |
| 7  | Bak Penampung Air Sementara                                | 1  | 0,5 | 0,5 |
| 8  | Tangki Klorinasi                                           | 1  | 0,1 | 0,1 |
| 9  | Tangki Kaporit                                             | 1  | 0,1 | 0,1 |
| 10 | Tangki Deklorinasi                                         | 1  | 0,1 | 0,1 |
| 11 | Tangki Air Bersih                                          | 1  | 0,1 | 0,1 |
| 12 | <i>Kation Exchanger</i>                                    | 1  | 0,1 | 0,1 |
| 13 | Tangki Resin Kation Larutan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 1  | 0,1 | 0,1 |
| 14 | <i>Anion Exchanger</i>                                     | 1  | 0,1 | 0,1 |
| 15 | Tangki Resin Anion Larutan NaOH                            | 1  | 0,1 | 0,1 |
| 16 | <i>Deaerator</i>                                           | 1  | 0,1 | 0,1 |
| 17 | Tangki Hidrazin                                            | 1  | 0,1 | 0,1 |
| 18 | <i>Boiler</i>                                              | 1  | 1   | 1   |
| 19 | Tangki Kondensat                                           | 1  | 0,1 | 0,1 |
| 20 | Bak Air Pendingin                                          | 1  | 0,5 | 0,5 |
| 21 | <i>Cooling Tower</i>                                       | 1  | 1   | 1   |
| 22 | Tangki Udara                                               | 1  | 0,1 | 0,1 |
| 23 | Pompa                                                      | 19 | 0,5 | 9,5 |
| 24 | Blower                                                     | 1  | 0,2 | 0,2 |
| 25 | Tangki Silika Gel                                          | 1  | 0,1 | 0,1 |

|                                                  |                    |   |     |              |
|--------------------------------------------------|--------------------|---|-----|--------------|
| 26                                               | Kompresor Udara    | 1 | 0,2 | 0,2          |
| 27                                               | Cooler Udara Tekan | 1 | 1   | 1            |
| 28                                               | Tangki Udara       | 1 | 0,1 | 0,1          |
| <b>TOTAL</b>                                     |                    |   |     | <b>16,5</b>  |
| <b>TOTAL OPERATOR ALAT PROSES &amp; UTILITAS</b> |                    |   |     | <b>27,65</b> |

Jumlah operator untuk peralatan proses dan utilitas adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Jumlah operator alat proses} &= 11,15 \times 3 \text{ shift} \\ &= 34 \text{ orang}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah operator alat proses} &= 16,5 \times 3 \text{ shift} \\ &= 50 \text{ orang}\end{aligned}$$

### 3. Sistem Gaji

Sistem pembagian besarnya gaji karyawan pada perusahaan pabrik karet alam siklis didasarkan atas ketentuan jabatan atau golongan, tingkat pendidikan, pengalaman kerja, dan lingkungan yang berkaitan dengan risiko kerja dari masing-masing karyawan. Pembagian gaji terbagi menjadi tiga jenis, yaitu :

- Gaji Harian

Gaji harian adalah gaji yang diberikan kepada pegawai atau karyawan yang tidak tetap.

- Gaji Bulanan

Gaji yang diberikan kepada karyawan tetap dengan jumlah yang sesuai dengan peraturan perusahaan

- Gaji Lembur

Gaji yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokok yang telah ditentukan

Rincian gaji setiap karyawan pada setiap jabatan dapat dilihat pada Tabel 4.6

Tabel 4. 6 Rincian Gaji Karyawan

| No       | Jabatan                                       | Jumlah | Gaji/Orang/<br>Bulan | Gaji/Bulan   | Gaji/Per Tahun |
|----------|-----------------------------------------------|--------|----------------------|--------------|----------------|
| <b>A</b> | <b>Direktur Utama</b>                         |        |                      |              |                |
| 1        | Direktur Utama                                | 1      | Rp40.000.000         | Rp40.000.000 | Rp480.000.000  |
| 2        | Sekretaris<br>Direktur Utama                  | 1      | Rp10.000.000         | Rp10.000.000 | Rp120.000.000  |
| 3        | Staf Direktur<br>Utama                        | 1      | Rp9.000.000          | Rp8.000.000  | Rp108.000.000  |
| <b>B</b> | <b>Direktur</b>                               |        |                      |              |                |
| 1        | Direktur Sumber<br>Daya Manusia               | 1      | Rp20.000.000         | Rp20.000.000 | Rp240.000.000  |
| 2        | Direktur Teknik<br>dan Produksi               | 1      | Rp20.000.000         | Rp20.000.000 | Rp240.000.000  |
| 3        | Direktur Umum<br>dan Keuangan                 | 1      | Rp20.000.000         | Rp20.000.000 | Rp240.000.000  |
| <b>C</b> | <b>Manager (Kepala Bagian)</b>                |        |                      |              |                |
| 1        | Kepala Bagian<br>Umum                         | 1      | Rp15.000.000         | Rp15.000.000 | Rp180.000.000  |
| 2        | Kepala Bagian<br>Pemasaran                    | 1      | Rp15.000.000         | Rp15.000.000 | Rp180.000.000  |
| 3        | Kepala Bagian<br>Administrasi dan<br>Keuangan | 1      | Rp15.000.000         | Rp15.000.000 | Rp180.000.000  |

|    |                                                     |   |              |              |               |
|----|-----------------------------------------------------|---|--------------|--------------|---------------|
| 4  | Kepala Bagian Teknik                                | 1 | Rp15.000.000 | Rp15.000.000 | Rp180.000.000 |
| 5  | Kepala Bagian <i>Human Resource and Development</i> | 1 | Rp15.000.000 | Rp15.000.000 | Rp180.000.000 |
| 6  | Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan           | 1 | Rp15.000.000 | Rp15.000.000 | Rp180.000.000 |
| 7  | Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan            | 1 | Rp9.000.000  | Rp9.000.000  | Rp108.000.000 |
| 8  | Kepala Seksi Keamanan                               | 1 | Rp9.000.000  | Rp9.000.000  | Rp108.000.000 |
| 9  | Kepala Seksi Mesin                                  | 1 | Rp9.000.000  | Rp9.000.000  | Rp108.000.000 |
| 10 | Kepala Seksi Proses dan Pengendalian                | 1 | Rp9.000.000  | Rp9.000.000  | Rp108.000.000 |
| 11 | Kepala Seksi Utilitas                               | 1 | Rp9.000.000  | Rp9.000.000  | Rp108.000.000 |
| 12 | Kepala Seksi Laboratorium                           | 1 | Rp9.000.000  | Rp9.000.000  | Rp108.000.000 |
| 13 | Kepala Seksi Pembelian dan Pemasaran                | 1 | Rp9.000.000  | Rp9.000.000  | Rp108.000.000 |
| 14 | Kepala Seksi Administrasi dan Keuangan              | 1 | Rp9.000.000  | Rp9.000.000  | Rp108.000.000 |
| 15 | Kepala Seksi Humas                                  | 1 | Rp9.000.000  | Rp9.000.000  | Rp108.000.000 |

|          |                                                   |    |             |               |                 |
|----------|---------------------------------------------------|----|-------------|---------------|-----------------|
| 16       | Kepala Seksi K3 dan Litbang                       | 1  | Rp9.000.000 | Rp9.000.000   | Rp108.000.000   |
| 17       | Kepala Seksi Keamanan                             | 1  | Rp9.000.000 | Rp9.000.000   | Rp108.000.000   |
| 18       | Kepala Seksi HRD                                  | 1  | Rp9.000.000 | Rp9.000.000   | Rp108.000.000   |
| <b>D</b> | <b>Karyawan</b>                                   |    |             |               |                 |
| 1        | Karyawan Produksi                                 | 13 | Rp7.000.000 | Rp91.000.000  | Rp1.092.000.000 |
| 2        | Karyawan <i>Control Room</i>                      | 21 | Rp7.000.000 | Rp147.000.000 | Rp1.764.000.000 |
| 3        | Karyawan Utilitas dan Pengolahan Limbah           | 17 | Rp7.000.000 | Rp119.000.000 | Rp1.428.000.000 |
| 4        | Karyawan Perawatan Pabrik                         | 3  | Rp7.000.000 | Rp21.000.000  | Rp252.000.000   |
| 5        | Karyawan <i>Quality Control</i>                   | 4  | Rp7.000.000 | Rp28.000.000  | Rp336.000.000   |
| 6        | Karyawan Instrumentasi Listrik                    | 6  | Rp7.000.000 | Rp42.000.000  | Rp504.000.000   |
| 7        | Karyawan Penelitian Proses dan Teknologi          | 3  | Rp7.000.000 | Rp21.000.000  | Rp252.000.000   |
| 8        | Karyawan Laboratorium                             | 4  | Rp7.000.000 | Rp28.000.000  | Rp336.000.000   |
| 9        | Karyawan Keselamatan Kerja dan Proteksi Kebakaran | 6  | Rp7.000.000 | Rp42.000.000  | Rp504.000.000   |

|                     |                              |            |                      |                        |                         |
|---------------------|------------------------------|------------|----------------------|------------------------|-------------------------|
| 10                  | Karyawan Keuangan            | 3          | Rp6.000.000          | Rp18.000.000           | Rp216.000.000           |
| 11                  | Karyawan Penjualan           | 3          | Rp6.000.000          | Rp18.000.000           | Rp216.000.000           |
| 12                  | Karyawan Pembelian           | 3          | Rp6.000.000          | Rp18.000.000           | Rp216.000.000           |
| 13                  | Karyawan Analisa Pasar       | 3          | Rp6.000.000          | Rp18.000.000           | Rp216.000.000           |
| 14                  | Karyawan Pelayanan Umum      | 3          | Rp6.000.000          | Rp18.000.000           | Rp216.000.000           |
| 15                  | Karyawan Humas               | 3          | Rp6.000.000          | Rp18.000.000           | Rp216.000.000           |
| 16                  | Karyawan Gudang              | 3          | Rp6.000.000          | Rp18.000.000           | Rp216.000.000           |
| 17                  | Karyawan Keamanan / Security | 6          | Rp4.800.000          | Rp28.800.000           | Rp345.000.000           |
| <b>E</b>            | <b>Medis</b>                 |            |                      |                        |                         |
| 1                   | Dokter                       | 2          | Rp8.000.000          | Rp16.000.000           | Rp192.000.000           |
| 2                   | Perawat                      | 6          | Rp4.800.000          | Rp28.800.000           | Rp345.600.000           |
| 3                   | Driver                       | 3          | Rp3.800.000          | Rp11.400.000           | Rp136.800.000           |
| <b>Jumlah Total</b> |                              | <b>139</b> | <b>Rp443.400.000</b> | <b>Rp1.067.000.000</b> | <b>Rp12.804.000.000</b> |

#### 4.4.7 Kesejahteraan Karyawan

Kesejahteraan yang diberikan oleh perusahaan kepada karyawan adalah sebagai berikut :

a. Tunjangan

Tunjangan yang diberikan oleh perusahaan kepada karyawan adalah sebagai

berikut :

- Tunjangan berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan
- Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan
- Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja di luar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja

b. Cuti

Hak cuti yang diberikan kepada karyawan adalah sebagai berikut :

- Cuti tahunan

Diberikan kepada setiap karyawan sebanyak 12 hari dalam satu tahun. Apabila dalam waktu satu tahun tersebut hak cuti tidak digunakan, maka hak cuti akan hilang dan tidak dapat diakumulasikan untuk tahun selanjutnya.

- Cuti Hamil

Wanita hamil berhak mendapatkan cuti selama 3 bulan dan selama cuti berlangsung gaji tetap dibayar dengan ketentuan jarak kelahiran anak pertama dan kedua minimal 2 tahun.

- Cuti Sakit

Cuti sakit diberikan kepada karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter.

c. Pakaian Kerja

Perusahaan memberikan 2 pasang pakaian kerja setiap tahun dan disediakan masker untuk pengaman dalam bekerja.

d. Pengobatan dan Kesehatan

- BPJS Kesehatan

Berdasarkan UU No. 40 Tahun 2004 dan UU No.24 Tahun 2011 BPJS Kesehatan Pasal 5 Ayat 2 Huruf A menyelenggarakan program jaminan kesehatan seperti biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit akibat kecelakaan kerja akan ditanggung oleh perusahaan sesuai ketentuan undang-undang dan biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang diakibatkan oleh kecelakaan kerja yang diatur berdasarkan kebijaksanaan perusahaan.

- BPJS Ketenagakerjaan

Berdasarkan UU No.40 Tahun 2004 dan UU No. 24 Tahun 2011, BPJS Ketenagakerjaan menyelenggarakan 4 program yaitu Jaminan Kecelakaan Kerja (JKK), Jaminan Hari Tua (JHT), Jaminan Pensiun (JP), dan Jaminan Kematian (JK).

e. Intensif atau Bonus

Intensif diberikan dengan tujuan meningkatkan produktivitas kerja karyawan. Besarnya insentif ini terbagi menurut golongan dan jabatan. Pemberian insentif untuk golongan operatif (golongan kepala seksi ke bawah) diberikan setiap bulan sedangkan untuk golongan di atasnya diberikan pada akhir tahun produksi dengan melihat besarnya keuntungan dan target yang tercapai.

f. Asuransi

Perusahaan menjamin seluruh karyawan dengan mengasuransikan seperti Jamsostek yang merupakan asuransi pertanggungan jiwa dan asuransi

kecelakaan yang bertujuan untuk memberikan rasa aman kepada para karyawan ketika sedang menjalankan tugasnya. Jamsostek adalah perlindungan bagi tenaga kerja dalam bentuk santunan berupa uang sebagai pengganti sebagian dari penghasilan yang hilang atau berkurang sebagai akibat dari peristiwa-peristiwa tertentu sewaktu menjalankan pekerjaannya. Peraturan pelaksanaan Jaminan Sosial Tenaga Kerja diatur dalam UU No. 3 Tahun 1992 dimana perusahaan wajib mengikutsertakan setiap karyawannya dalam program JAMSOSTEK yang meliputi:

- Jaminan Kesehatan Kerja
- Jaminan Kematian
- Jaminan Hari Tua

## **BAB V**

### **UTILITAS**

Unit utilitas merupakan salah satu sarana pendukung yang menyediakan kebutuhan pabrik dalam menunjang proses dari bahan baku hingga menjadi produk jadi. Secara umum, unit utilitas terdiri dari air, *steam*, udara, bahan bakar, dan listrik. Dalam proses perancangan pabrik karet alam siklis, unit pendukung proses yang dibutuhkan antara lain:

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

Unit penyediaan dan pengolahan air berfungsi sebagai air proses, air pendingin, air umpan, dan air sanitasi yang digunakan untuk air perkantoran maupun lingkungan. Proses pendinginan digunakan pada proses cooling.

#### **2. Unit Penyedia *Steam* pada *Heater***

Unit penyediaan air pemanas (*steam*) untuk proses pemanasan pada *heater*.

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

Unit pembangkit listrik berfungsi sebagai tenaga penggerak peralatan proses, penerangan, bahkan lingkungan pabrik. Listrik dapat diperoleh dari PLN dan generator sebagai cadangan apabila PLN mengalami gangguan.

#### **4. Unit Penyediaan Udara Tekan (*Instrument Air System*)**

Unit penyedia udara tekan berfungsi sebagai penyedia udara tekan untuk menjalankan sistem instrumentasi. Udara tekan diperlukan untuk alat kontrol pneumatik. Alat penyediaan udara tekan berupa kompresor dan tangki udara.

## 5. Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit penyedia berfungsi untuk menyediakan bahan bakar penggerak generator.

## 6. Unit Pengolahan Limbah

Unit pengolahan limbah adalah proses penghilangan kontaminan dari air limbah. Proses pengolahan limbah ini dapat melibatkan metode fisika, kimia, maupun biologi untuk menghilangkan kontaminan fisik, kimia, dan biologis.

### 5.1 Unit Penyediaan dan Pengelolaan Air

Unit ini bertugas untuk menyediakan dan mengolah air bersih yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan air pada pabrik.

#### 5.1.1 Unit Penyediaan Air

Pada unit penyediaan air terjadi proses pengolahan air baku menjadi air bersih, air yang berasal dari sungai masih mengandung banyak kotoran yang apabila dibiarkan dapat menyebabkan terjadinya kerak atau *fouling*. Kotoran yang terkandung dalam air sungai terdiri atas *suspended solid* yaitu kotoran yang tidak terlarut yang dapat diproses dengan klarifikasi dan *dissolved solid* yang merupakan kotoran terlarut dan bisa diproses dengan cara demineralisasi. Oleh sebab itu pengolahan air baku melibatkan proses secara fisik dan kimia. Berikut ini merupakan beberapa pertimbangan menggunakan air sungai sebagai sumber air :

- a. Air sungai merupakan sumber air yang memiliki kontinuitas tinggi sehingga dapat menghindari adanya kekurangan air

- b. Pengolahan air sungai relatif mudah, sederhana dan murah dibanding pengolahan air laut yang lebih rumit dan mahal.

Kebutuhan air di Pabrik Karet Alam Siklis ini digunakan untuk keperluan sebagai berikut :

**a. Air Domestik (*Domestic Water*)**

Air domestik adalah air yang digunakan untuk keperluan perumahan, perkantoran, laboratorium, dan tempat ibadah. Berdasarkan standar WHO, kebutuhan air per orang sekitar 100-120 liter per hari dan berdasarkan data BSNI, Kebutuhan air untuk penduduk perkotaan adalah sebesar 120 liter/hari/kapita, sedangkan kebutuhan air untuk penduduk pedesaan adalah sebesar 60 liter/hari/kapita. Sehingga untuk suatu pabrik maupun kantor dapat disimpulkan rerata kebutuhan air sebesar 120 liter per orang dalam sehari. Berikut ini merupakan rincian kebutuhan air domestik pada Pabrik Karet Alam Siklis :

**Air untuk penggunaan kantor**

|                            |                  |
|----------------------------|------------------|
| Kebutuhan air dalam sehari | : 120 liter/hari |
| Jumlah karyawan kantor     | : 139 orang      |
| Antisipasi dilebihkan 20%  | : 167 orang      |
| Total penggunaan air       | : 20.016 kg/hari |
|                            | : 834 kg/jam     |

**Air untuk perumahan karyawan**

|                         |                  |
|-------------------------|------------------|
| Jumlah rumah            | : 23 Unit        |
| Jumlah orang per rumah  | : 5 Orang        |
| Kebutuhan air per orang | : 120 liter/hari |

Total : 13.800 kg/hari  
: 575 kg/jam

#### **Air untuk penggunaan lingkungan**

Rincian kebutuhan air lingkungan

Hidran : 40 Liter/hari  
Taman : 40 Liter/hari  
Lain-lain : 40 Liter/hari  
Total : 120 Liter/hari  
: 120 kg/hari  
: 5 kg/jam

Sehingga total kebutuhan air domestik dapat dilihat pada Tabel 5.1 sebagai berikut

Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Domestik

| No           | Penggunaan Air | Kebutuhan Air (kg/jam) |
|--------------|----------------|------------------------|
| 1            | Kantor         | 834                    |
| 2            | Perumahan      | 575                    |
| 3            | Lingkungan     | 5                      |
| <b>Total</b> |                | <b>1.414</b>           |

#### **b. Air Layanan Umum (*Service Water*)**

Air yang digunakan untuk layanan umum seperti digunakan pada kebutuhan supply pada bengkel, klinik, laboratorium, pemadam kebakaran serta fasilitas umum lain seperti kantin dan masjid. Berikut ini merupakan rincian kebutuhan air *service water* :

Bengkel : 300 kg/hari

|                   |                  |
|-------------------|------------------|
|                   | : 12,50 kg/jam   |
| Klinik            | : 300 kg/hari    |
|                   | : 12,50 kg/jam   |
| Laboratorium      | : 200 kg/hari    |
|                   | : 8,30 kg/jam    |
| Pemadam Kebakaran | : 12.000 kg/hari |
|                   | : 500 kg/jam     |
| Kantin dan Masjid | : 3.500 kg/hari  |
|                   | : 145,833 kg/jam |

Sehingga total kebutuhan air untuk penggunaan layanan umum dapat dilihat pada tabel 5.2

Tabel 5. 2 Kebutuhan *Service Water*

| No           | Penggunaan Air    | Kebutuhan Air (kg/jam) |
|--------------|-------------------|------------------------|
| 1            | Bengkel           | 12,500                 |
| 2            | Klinik            | 12,500                 |
| 3            | Laboratorium      | 8,300                  |
| 4            | Pemadam Kebakaran | 500                    |
| 5            | Kantin dan Masjid | 145,833                |
| <b>Total</b> |                   | <b>679,167</b>         |

**c. Air Proses**

Air proses digunakan untuk kebutuhan pada alat-alat proses utama. Pada Pabrik Karet Alam Siklis ini, kebutuhan air proses dapat dilihat pada Tabel 5.3 dibawah ini :

Tabel 5. 3 Kebutuhan Air Proses

| No           | Alat          | Kebutuhan Air (kg/jam) |
|--------------|---------------|------------------------|
| 1            | M-01          | 36.107,136             |
| 2            | R-01          | 36.107,136             |
| 3            | R-02          | 36.107,136             |
| 4            | Bak Pencucian | 36.319,531             |
| <b>Total</b> |               | <b>144.640,937</b>     |

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

Air umpan *boiler* adalah air yang menghasilkan *steam* untuk menunjang kelangsungan proses produksi. Kebutuhan *steam* pada pabrik Karet Alam Siklis ini dapat dilihat pada Tabel 5.4 dibawah ini :

Tabel 5. 4 Kebutuhan Air Umpan *Boiler*

| No           | Nama Alat              | Kebutuhan (kg/jam) |
|--------------|------------------------|--------------------|
| 1            | <i>Heater</i> (HE-01)  | 36.107,136         |
| 2            | <i>Heater</i> (HE-02)  | 10.109,998         |
| 3            | <i>Heater</i> (HE-03)  | 5.811,125          |
|              | <i>Over Design</i> 20% | 10.405,652         |
|              | <i>Makeup</i>          | 2.081,130          |
| <b>Total</b> |                        | <b>64.515,040</b>  |

**e. Air Pendingin (*Cooling Water*)**

Air pendingin merupakan air yang digunakan sebagai media pendingin pada proses produksi di pabrik. Kebutuhan air pendingin pada pabrik Karet Alam Siklis dapat dilihat pada Tabel 5.5 dibawah ini :

Tabel 5. 5 Kebutuhan Air Pendingin

| No           | Nama Alat              | Kebutuhan (kg/jam) |
|--------------|------------------------|--------------------|
| 1            | <i>Cooler (Cl-01)</i>  | 8.137,620          |
|              | <i>Over Design 20%</i> | 9.765,144          |
|              | <i>Makeup</i>          | 809,286            |
| <b>Total</b> |                        | <b>18.712,051</b>  |

Sehingga total kebutuhan air pada pabrik Karet Alam Siklis dapat dilihat pada Tabel 5.6 di bawah ini :

Tabel 5. 6 Total Kebutuhan Air

| No           | Kebutuhan Air           | Jumlah (kg/jam)    |
|--------------|-------------------------|--------------------|
| 1            | Air Domestik            | 1.414              |
| 2            | Layanan Umum            | 679,167            |
| 3            | Air Proses              | 144.640,937        |
| 4            | <i>Air Umpan Boiler</i> | 64.515,040         |
| 5            | Air Pendingin           | 18.712,051         |
| <b>Total</b> |                         | <b>229.961,195</b> |

### 5.1.2 Unit Pengolahan Air

Dalam perancangan pabrik karet alam siklis ini, kebutuhan air diambil dari air sungai yang jarak ataupun lokasinya berdekatan dengan pabrik. Air sungai yang digunakan pada lingkungan pabrik tentunya perlu dilakukan proses pengolahan terlebih dahulu untuk mendapatkan spesifikasi air yang diinginkan. Tahapan proses yang dilakukan dalam proses pengolahan air, antara lain:

#### 1. *Intake water*

Air sungai yang diambil dari sungai musi menggunakan pompa *intake* yang dialirkan menuju bak penampung awal. Pada pipa *intake* didalamnya terdapat saringan yang berfungsi untuk mencegah kotoran yang berukuran besar masuk ke dalam proses pengolahan seperti ranting kayu, ikan, sampah, daun, dan lainnya. Sedangkan kotoran yang lebih kecil yang masih terikut dengan aliran air akan dipisahkan pada tahap berikutnya.

#### 2. Pengendapan Awal (*Sedimentation*)

Setelah melewati proses penyaringan pada pompa, air akan melalui proses sedimentasi, dimana proses ini merupakan proses pemisahan kotoran yang terikut dengan memanfaatkan adanya gaya gravitasi. Pada proses ini, kotoran kecil yang tidak tersaring pada proses penyaringan sebelumnya seperti pasir dan lumpur akan mengendap pada bagian bawah bak karena adanya gaya gravitasi.

#### 3. Bak penggumpal / *Clarifier*

Pada bak penggumpalan terjadi proses yang dinamakan koagulasi. Proses ini merupakan proses penggumpalan yang dapat disebabkan karena adanya

penambahan zat kimia yang disebut dengan koagulan ke dalam air, sehingga menyebabkan partikel tersebut akan menjadi stabil atau netral dan akan membentuk endapan. pada pabrik karet alam siklus ini menggunakan koagulan jenis tawas atau aluminium sulfat  $Al_2(SO_4)_3$ . Air yang telah menggumpal dari proses sebelumnya akan mengalami proses flokulasi sehingga akan membentuk flok-flok. Flokulasi merupakan proses penggabungan dari flok yang telah terbentuk pada proses koagulasi menjadi partikel yang lebih besar sehingga akan lebih mudah untuk mengendap. Pada proses flokulasi akan ditambahkan kapur yang memiliki fungsi untuk menghilangkan kesadahan dari karbonat dalam air dan membuat suasana basa yang akan mempermudah penggumpalan. Selain itu, pada proses ini ditambahkan juga *soda caustic* (NaOH) sebagai alkali untuk menjaga pH, sehingga pH pada outlet dijaga berkisar kira-kira 6,5 - 7,5. Dengan begitu, proses flokulasi dapat berjalan lebih efektif.

#### 4. *Sand Filter*

Setelah keluar dari bak koagulasi dan flokulasi, air kemudian akan dialirkan menuju *Sand Filter*. Di dalam *Sand Filter* ini, air akan mengalir dari bagian atas ke bawah melalui suatu media filter (*spheres*) yang akan menyaring partikel pengotor seperti *suspended solid*. Hasil keluaran dari *Sand Filter* memiliki kandungan *suspended solid* kurang dari 1 ppm dan memiliki pH sebesar 6,5 - 7,5. Air yang telah mengalami filtrasi akan ditampung di tangki penampung air bersih atau penampung sementara. Proses penyaringan

dilakukan dengan menggunakan *Sand Filter* yang terdiri dari pasir, antrasit, dan kerikil sebagai media penyaring.

#### 5. Tangki Penampung Air Bersih (*Filtered Water Storage Tank*)

Air bersih dari *Sand Filter* kemudian akan ditampung di dalam tangki penampung sementara. Air bersih ini akan didistribusikan dan diolah lebih lanjut sehingga dapat digunakan sebagai air domestik, air layanan umum, air pendingin, air umpan *boiler*, dan air proses.

#### 6. Tangki Klorinasi

Di dalam bak air bersih sebagai oksidator dan disinfektan. Sebagai oksidator, klorin digunakan untuk menghilangkan bau dan rasa pada pengolahan air bersih. Agar dapat digunakan sebagai air minum pada perkantoran ataupun perumahan, air bersih harus melalui proses klorinasi. Sedangkan, klorin sebagai desinfektan bertujuan untuk membunuh kuman, bakteri, jamur, serta mikroorganisme lainnya sehingga air layak untuk dikonsumsi dan digunakan. Dalam reaksinya, klorin di dalam air akan membentuk asam hipoklorit dengan reaksi sebagai berikut:



Selanjutnya, asam hipoklorit pecah sesuai dengan reaksi berikut ini:



## 7. Tangki Deklorinasi

Tangki deklorinasi bertujuan untuk menghilangkan klorin ( $\text{Cl}_2$ ) yang dilengkapi dengan adanya *filter*. Klorin juga memiliki sifat yang sangat beracun yang dapat merusak kesehatan. Setelah klorin hilang, air dapat didistribusikan sebagai air pabrik dan lingkungannya.

## 8. *Cooling Tower*

*Cooling tower* adalah alat yang digunakan untuk menghasilkan air dingin yang dapat digunakan sebagai pendingin pada alat proses. Proses yang terjadi pada *cooling tower* adalah pengolahan air panas menjadi air dingin menggunakan udara sebagai media pendinginnya. *Initial water* ke *cooling tower* berasal dari tangki penampung air bersih dengan suhu sekitar  $45^\circ\text{C}$  yang dialirkan ke atas *cooling tower* melalui distributor. Air akan mengalami proses evaporasi, sehingga air akan dialirkan ke bawah melalui lubang saluran. Bersamaan dengan proses ini, terjadi pelepasan panas laten, sehingga sebagian air akan menguap ke atmosfer. Untuk itu, dibutuhkan *make-up water* sebagai kompensasi terjadinya *evaporation loss*. *Make-up water* juga berasal dari tangki penampung air bersih. Air yang mengalami evaporasi di *cooling tower* akan sama jumlahnya dengan *flow make-up water* yang masuk, sehingga kesetimbangan perpindahan panas antara udara dan air akan tetap stabil. Suhu air yang telah melalui proses pendinginan akan turun menjadi  $30^\circ\text{C}$ .

## 9. Demineralisasi

Air yang digunakan sebagai air proses dan air umpan *boiler* untuk produksi *steam water* tidak cukup hanya air bersih saja, tetapi juga harus air murni yang

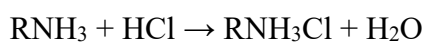
terbebas dari kandungan mineral terlarut. Sehingga perlu dilakukan adanya proses demineralisasi. Demineralisasi merupakan salah satu teknologi proses pengolahan air untuk menghilangkan mineral dari air. Demineralisasi biasanya digunakan secara khusus untuk proses pertukaran ion dan penghilangan total kontaminan mineral ion sampai mendekati angka nol. Demineralisasi dilakukan dengan menggunakan resin penukar kation dan penukar anion.

a. *Kation Exchanger*

*Kation Exchanger* merupakan unit yang berisi pengganti kation dimana pengganti kation yang terkandung di dalam air diganti dengan ion  $H^+$  sehingga air yang akan keluar dari *Kation Exchanger* adalah air yang mengandung anion dan ion  $H^+$ . Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

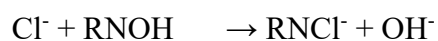


Dalam jangka waktu tertentu, kation resin ini akan jenuh sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan asam klorida. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

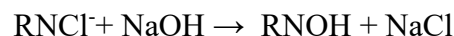


b. *Anion Exchanger*

Air yang keluar dari tangki kation kemudian diumpankan menuju tangki *Anion Exchanger*. Tangki ini berfungsi untuk mengikat ion negatif (anion) yang terlarut dalam air dengan resin yang bersifat basa. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

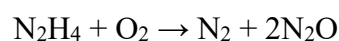


Dalam jangka waktu tertentu, kation resin ini akan jenuh sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan larutan NaOH. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



10. *Deaerator*

Air proses dan air umpan *boiler* yang telah mengalami demineralisasi (demin water) pada *Kation Exchanger* dan *Anion Exchanger* akan mengalami proses deaerasi pada *Deaerator*. Deaerasi adalah proses pembersihan air proses dan air umpan *boiler* dari gas yang dapat menimbulkan korosi pada *boiler* seperti oksigen ( $\text{O}_2$ ) dan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ). Demin water dipompakan menuju *Deaerator* kemudian diinjeksikan bahan kimia berupa hidrazin ( $\text{N}_2\text{H}_2$ ) yang berfungsi untuk mengikat oksigen sehingga dapat mencegah terjadinya korosi pada *Tube boiler*. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



## 5.2 Unit Pembangkit *Steam*

Unit pembangkit *steam* digunakan untuk mencukupi kebutuhan *steam* yang dibutuhkan dalam proses produksi dengan menggunakan *boiler* yang dioperasikan pada tekanan 101,3 kPa. *Steam* atau uap panas yang dihasilkan oleh *boiler* (B-01) merupakan uap jenuh (*saturated steam*). Jenis *boiler* yang digunakan adalah *Water Tube Boiler*. Kebutuhan *steam* pada pabrik Karet Alam Siklis adalah sebesar 69348,194 kg/jam yang ditingkatkan sebesar 20%. Pemenuhan kebutuhan *steam* menggunakan *boiler* dapat dilihat pada spesifikasi *boiler* sebagai berikut :

|                        |                                                                         |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| - <b>Kode</b>          | : <b>B-01</b>                                                           |
| Fungsi                 | : Membuat <i>steam</i> jenuh dengan menggunakan air umpan <i>boiler</i> |
| Jenis                  | : <i>Water Tube Boiler</i>                                              |
| Jumlah                 | : 1 buah                                                                |
| Jumlah Pipa            | : 1 buah                                                                |
| <i>Heating Surface</i> | : 12,184 m                                                              |
| <i>Rate of Steam</i>   | : 63419,629 kg/jam                                                      |
| Efisiensi Pembakaran   | : 80 %                                                                  |
| Tekanan                | : 1 atm                                                                 |
| Suhu <i>Steam</i>      | : 95 °C                                                                 |
| - <b>Bahan bakar</b>   |                                                                         |
| Jenis                  | : Fuel Oil                                                              |
| <i>Heating Value</i>   | : 152.000 btu/gal                                                       |
| Kebutuhan              | : 170,904 kg/jam                                                        |

### 5.3 Unit Pembangkit Listrik

Sumber listrik utama yang digunakan pada pabrik karet alam siklis ini berasal dari Perusahaan Listrik Negara (PLN). Namun, pabrik karet alam siklis juga dilengkapi dengan pembangkit listrik tenaga mandiri yaitu generator. Generator ini berfungsi sebagai sumber listrik cadangan apabila sumber listrik utama dari PLN mengalami gangguan atau pemadaman secara tiba-tiba. Hal ini pasokan tenaga listrik dapat berlangsung secara kontinyu. Adapun generator yang digunakan adalah jenis generator diesel dengan arus bolak-balik dengan kapasitas 3000 kW. Generator jenis ini dipilih berdasarkan beberapa pertimbangan sebagai berikut:

1. Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar
2. Tegangan dapat dinaikkan dan diturunkan sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan.

Rincian kebutuhan listrik pada pabrik karet alam siklis adalah sebagai berikut:

a. Kebutuhan Listrik Alat Proses

Kebutuhan listrik alat proses dapat dilihat pada tabel 5.7

Tabel 5. 7 Kebutuhan Listrik Alat Proses

| Alat                             | Kode Alat | Daya |           |
|----------------------------------|-----------|------|-----------|
|                                  |           | Hp   | Watt      |
| <i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> | RDVF-01   | 150  | 111.853,5 |
| <i>Mixer</i>                     | M-01      | 2    | 1.491,4   |
| Reaktor Hidrolisis               | R-01      | 2    | 1.491,4   |
| Bak Koagulasi                    | BK-01     | 40   | 29.827,6  |
| <i>Centrifuge 1</i>              | C-01      | 20   | 14.913,8  |

| Alat                | Kode Alat | Daya  |           |
|---------------------|-----------|-------|-----------|
|                     |           | Hp    | Watt      |
| Reaktor Siklisasi   | R-02      | 2     | 1.491,4   |
| <i>Netralizer</i>   | N-01      | 0,05  | 37,3      |
| <i>Centrifuge 2</i> | C-02      | 20    | 14.913,8  |
| Bak Pencucian       | BP-01     | 15    | 11.185,4  |
| <i>Centrifuge 3</i> | C-03      | 5     | 3.728,5   |
| <i>Spray Dryer</i>  | SD-01     | 0,05  | 37,3      |
| <i>Compressor 1</i> | C-01      | 0,05  | 37,3      |
| Pompa 1             | P-01      | 150   | 111.853,5 |
| Pompa 2             | P-02      | 125   | 93.211,3  |
| Pompa 3             | P-03      | 2     | 1.491,4   |
| Pompa 4             | P-04      | 0,05  | 37,3      |
| Pompa 5             | P-05      | 60    | 44.741,4  |
| Pompa 6             | P-06      | 0,05  | 37,3      |
| Pompa 7             | P-07      | 7,5   | 5.592,7   |
| Pompa 8             | P-08      | 60    | 44.741,4  |
| Pompa 9             | P-09      | 0,05  | 37,3      |
| Pompa 10            | P-10      | 75    | 55.926,8  |
| Pompa 11            | P-11      | 0,05  | 37,3      |
| Pompa 12            | P-12      | 40    | 29.827,6  |
| Pompa 13            | P-13      | 0,25  | 186,4     |
| Pompa 14            | P-14      | 60    | 44.741,4  |
| Pompa 15            | P-15      | 0,167 | 124,3     |
| Pompa 16            | P-16      | 60    | 44.741,4  |
| Pompa 17            | P-17      | 0,75  | 559,3     |

| Alat                    | Kode Alat | Daya |         |
|-------------------------|-----------|------|---------|
|                         |           | Hp   | Watt    |
| Pompa 18                | P-18      | 7,5  | 5.592,7 |
| <i>Bucket Elevator</i>  | BE-01     | 0,5  | 372,8   |
| <i>Screw Conveyor 1</i> | SC-01     | 0,05 | 37,3    |
| <i>Screw Conveyor 2</i> | SC-02     | 1,5  | 1.118,5 |
| <i>Screw Conveyor 3</i> | SC-03     | 0,5  | 372,8   |
| <i>Screw Conveyor 4</i> | SC-04     | 0,75 | 559,3   |
| <i>Screw Conveyor 5</i> | SC-05     | 0,75 | 559,3   |

Total kebutuhan listrik alat proses = 677.509,1 Watt

= 677,509 kW

b. Kebutuhan Listrik Alat Utilitas

Tabel 5. 8 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas

| Alat                    | Kode Alat | Daya  |           |
|-------------------------|-----------|-------|-----------|
|                         |           | Hp    | Watt      |
| <i>Clarifier</i>        | CL-01     | 2000  | 1.491.380 |
| <i>Kation Exchanger</i> | KE-01     | 3     | 2.237,1   |
| <i>Cooling Tower</i>    | CT-01     | 0,263 | 225,2     |
| Tangki Soda Kaustik     | TU-02     | 0,05  | 37,3      |
| Tangki Kapur            | TU-03     | 0,125 | 93,2      |
| Tangki Kaporit          | TU-04     | 0,167 | 124,3     |
| Tangki Klorinasi        | TU-05     | 60    | 44.741,4  |
| Tangki Deklorinasi      | TU-06     | 20    | 14.913,8  |

| Alat                                               | Kode Alat | Daya  |          |
|----------------------------------------------------|-----------|-------|----------|
|                                                    |           | Hp    | Watt     |
| Tangki Resin Kation H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | TU-08     | 0,05  | 37,3     |
| Tangki Resin Anion NaOH                            | TU-09     | 0,112 | 83,8     |
| Pompa Utilitas 1                                   | PU-01     | 0,05  | 37,3     |
| Pompa Utilitas 2                                   | PU-02     | 0,05  | 37,3     |
| Pompa Utilitas 3                                   | PU-03     | 0,05  | 37,3     |
| Pompa Utilitas 4                                   | PU-04     | 0,05  | 37,3     |
| Pompa Utilitas 5                                   | PU-05     | 0,05  | 37,3     |
| Pompa Utilitas 6                                   | PU-06     | 0,05  | 37,3     |
| Pompa Utilitas 7                                   | PU-07     | 0,05  | 37,3     |
| Pompa Utilitas 8                                   | PU-08     | 0,05  | 37,3     |
| Pompa Utilitas 9                                   | PU-09     | 0,05  | 37,3     |
| Pompa Utilitas 10                                  | PU-10     | 15    | 11.185,4 |
| Pompa Utilitas 11                                  | PU-11     | 15    | 11.185,4 |
| Pompa Utilitas 12                                  | PU-12     | 15    | 11.185,4 |
| Pompa Utilitas 13                                  | PU-13     | 15    | 11.185,4 |
| Pompa Utilitas 14                                  | PU-14     | 0,05  | 37,3     |
| Pompa Utilitas 15                                  | PU-15     | 0,05  | 37,3     |
| Pompa Utilitas 16                                  | PU-16     | 7,5   | 5.592,7  |
| Pompa Utilitas 17                                  | PU-17     | 5     | 3.728,5  |
| Pompa Utilitas 18                                  | PU-18     | 0,05  | 37,3     |
| Pompa Utilitas 19                                  | PU-19     | 0,05  | 37,3     |
| Blower                                             | B-01      | 3     | 2.237,1  |
| Kompresor Udara Tekan                              | CU-01     | 25    | 18.642,3 |

$$\begin{aligned}\text{Total kebutuhan listrik alat utilitas} &= 1.629.270 \text{ Watt} \\ &= 1629,270 \text{ kW}\end{aligned}$$

Maka, kebutuhan listrik secara keseluruhan pada perancangan pabrik karet alam siklis ini digunakan faktor keamanan sebesar 20% sehingga total kebutuhan tenaga listrik sebesar 2.306,810 kW.

#### 5.4 Unit Penyedia Udara Tekan

Unit penyedia udara tekan digunakan untuk memenuhi kebutuhan instrumentasi alat proses seperti *control valve*. Fungsi dari udara tekan adalah untuk menggerakkan instrumen-instrumen kontrol tersebut. Proses yang terjadi pada unit ini adalah berat jenis udara dikurangi sebelum masuk unit instrumen udara. Diperlukan sebesar 63 m<sup>3</sup>/jam udara tekan yang diperlukan untuk didistribusikan pada tekanan 2 atm dalam kondisi bersih. Mekanisme atau proses untuk membuat udara tekan dapat diuraikan berikut ini: Udara lingkungan diambil dan dilewatkan pada penyaring udara (*Air Filter*) untuk menyaring debu-debu yang terikut. Udara bersih yang didapat dilewatkan ke kompresor untuk mengubah tekanannya menjadi 4 atm. Udara dengan tekanan 4 atm akan dilewatkan pada tangki silika untuk diserap air yang terbawa, sehingga menjadi udara kering. Lalu udara yang telah kering disimpan dalam tangki udara tekan.

#### 5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit penyediaan bahan bakar bertugas untuk menyediakan kebutuhan bahan bakar pada pabrik Karet Alam Siklis. Bahan bakar yang disediakan pada unit ini adalah kebutuhan bahan bakar *boiler* dan generator. Bahan bakar yang digunakan adalah diesel solar. Kebutuhan bahan bakar untuk *boiler* adalah sebesar 170,903

kg/jam dan bahan bakar untuk generator adalah sebesar 6.733 kg/jam Bahan bakar ini diperoleh dari PT.Pertamina, bahan bakar disimpan pada tangki bahan bakar dengan kapasitas 30,22 barrel. Pemilihan jenis bahan bakar didasarkan pada hal berikut ini :

1. Mudah diperoleh
2. Berkelanjutan
3. Penyimpanan yang mudah

#### **Kebutuhan bahan bakar untuk Generator**

- Jenis bahan bakar : Generator bahan bakar solar
- Nilai bakar : 135.800 btu/gal
- Efisiensi pembakaran : 80%
- Input daya generator : 10.810.512,4 kj/jam
- Kebutuhan Solar : 6.733 kg/jam

#### **Kebutuhan bahan bakar untuk *boiler***

- Jenis bahan bakar : Solar
- Nilai bakar : 152.000 btu/gal
- Efisiensi pembakaran : 80% (Perry, 2008)
- Kebutuhan Solar : 170,9 kg/jam

### **5.6 Unit Pengolahan Limbah**

Limbah yang dihasilkan dari proses pabrik ini berupa limbah cair dan gas. Sebelum dibuang ke lingkungan, limbah tersebut diolah terlebih dahulu hingga

memenuhi baku mutu lingkungan. Hal ini dilakukan agar limbah tersebut tidak mencemari lingkungan. Limbah yang dihasilkan pada pabrik karet alam siklus, yaitu:

a. Limbah Gas

Limbah gas atau gas buang dari pabrik karet alam siklus ini berasal dari proses kimia pada reaktor 1 (R-01) yang mengandung hidrogen sebesar 95,577 kg/jam.

b. Limbah Cair

Limbah cair yang dihasilkan berasal dari air proses, utilitas, dan sanitasi. Pengolahan limbah cair harus memperhatikan parameter air buangan yang sesuai dengan peraturan pemerintah, (Pemerintah pemerintah no. 82 tahun 2001), antara lain:

- COD : maks. 100 mg/l
- BOD : maks 12 mg/l
- TSS : maks 80 mg/l
- Oil : maks.5 mg/l
- pH : 6,5 - 8,5

## Pengolahan Limbah

a. Limbah Cair

Pengolahan limbah cair dilakukan melalui proses *nitrifikasi amonia* dengan menggunakan bakteri *nitrosomonas*. Proses *nitrifikasi* adalah proses perubahan senyawa amonia menjadi senyawa nitrit yang kemudian terbentuk dioksidasi menjadi nitrat. Proses ini berlangsung secara aerobik

sehingga dibutuhkan udara tambahan sedangkan bakteri nitrifikasi yang bekerja adalah jenis bakteri *autotrof* yang memerlukan karbon anorganik untuk aktifitas pertumbuhannya.

b. Limbah padat

Limbah padat berasal dari padatan lateks yang tidak diperlukan, seperti resin yang dimasukkan ke dalam unit pengolahan limbah (UPL). Limbah padat ini akan di *treatment* dengan memisahkan padatan dengan cairan yang tersisa dan dilakukan *treatment*.

c. Limbah gas

Limbah gas yang dihasilkan dari proses produksi pabrik karet alam siklis adalah gas hidrogen ( $H_2$ ) dan udara sisa hasil produksi. Kedua gas tersebut merupakan gas yang tidak membahayakan bagi lingkungan. Untuk gas atau udara sisa produksi dari pabrik langsung dibuang ke lingkungan sedangkan pada gas hidrogen disimpan dan dapat dimanfaatkan kembali sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan yang dapat digunakan sebagai campuran bahan bakar.

d. Air Utilitas

Air utilitas diolah melalui beberapa proses terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan karena mengandung zat-zat kimia. Proses pengolahan limbah cair ini adalah *physical treatment* (pengendapan dan penyaringan), *chemical treatment* (penambahan bahan kimia dan pengontrolan pH), dan *biological treatment*.

e. Air Buangan Sanitasi

Air buangan sanitasi diantaranya dari perkantoran, perumahan, toilet dan lain-lain tidak memerlukan pengolahan secara khusus dapat melalui treatment pada stabilisasi dengan lumpur aktif, aerasi maupun injeksi klorin.

## 5.7 Spesifikasi Alat Utilitas

### Alat Pengolahan Air

#### 1. Bak Sedimentasi (BU-01)

|                     |                                                                                                                |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fungsi              | : Menampung air yang didapatkan dari sungai untuk diendapkan secara gravitasi kotoran halus yang masih terbawa |
| Jenis               | : Bak beton persegi panjang                                                                                    |
| Bahan               | : Beton bertulang                                                                                              |
| Jumlah              | : 1                                                                                                            |
| Waktu Tinggal (jam) | : 8                                                                                                            |

#### Kondisi Operasi

|                      |      |
|----------------------|------|
| a. Suhu Operasi (°C) | : 30 |
| b. Tekanan (atm)     | : 1  |

#### Dimensi Bak

|                             |             |
|-----------------------------|-------------|
| a. Volume (m <sup>3</sup> ) | : 2.472,543 |
| b. Panjang (m)              | : 70,321    |

- c. Kedalaman (m) : 2
- d. Lebar (m) : 35,161
- Harga : Rp. 1.882.569.800

## 2. *Clarifier* (KL-01)

Fungsi : Menggumpalkan dan mengendapkan kotoran yang bersifat koloid yang terbawa oleh air dari Bak Sedimentasi (BU-01)

Jenis : *Conical Bottom*

Bahan : *Stainless steel SA 167 type 309*

Jumlah : 1

Waktu Tinggal (Jam) : 2

### Kondisi Operasi

a. Suhu Operasi (°C) : 30

b. Tekanan (atm) : 1

### Dimensi

a. Diameter (m) : 6,703

b. Tinggi (m) : 203,011

c. Volume (m<sup>3</sup>) : 554,692

### Pengaduk

a. Jenis Pengaduk : *Rake inward with 3 flat blade and 4 baffle*

b. Kecepatan (rpm) : 8

c. Power Pengadukan (hp) : 2000

Harga : Rp. 2.190.921.750

### 3. *Sand Filter* (SF-01)

Fungsi : Menyaring partikel halus yang masih terbawa di dalam air yang berasal dari *Clarifier* (KL-01)

Jenis : Bak Persegi Panjang

Bahan : *Stainless steel SA 167 type 309*

Jumlah : 1

#### Kondisi Operasi

a. Suhu Operasi (°C) : 30

b. Tekanan (atm) : 1

#### Dimensi

a. Panjang (m) : 8,246

b. Lebar (m) : 4,123

c. Tinggi Tumpukan (m) : 1,448

d. Tinggi Total (m) : 6,948

Harga : Rp. 1.355.125.675

### 4. Bak Penampung Air Sementara (BU-02)

Fungsi : Menampung air yang sudah bersih dari

*Sand Filter (SF-01)*

|                    |                             |
|--------------------|-----------------------------|
| Jenis              | : Bak beton persegi panjang |
| Bahan              | : Beton bertulang           |
| Jumlah             | : 1                         |
| Waktu Tingga (jam) | : 8                         |

**Kondisi Operasi**

|                      |      |
|----------------------|------|
| a. Suhu Operasi (°C) | : 30 |
| b. Tekanan (atm)     | : 1  |

**Dimensi Bak**

|                             |             |
|-----------------------------|-------------|
| a. Volume (m <sup>3</sup> ) | : 2.207,627 |
| b. Panjang (m)              | : 66,447    |
| c. Kedalaman (m)            | : 2         |
| d. Lebar (m)                | : 33,224    |

|       |                    |
|-------|--------------------|
| Harga | : Rp 2.694.022.300 |
|-------|--------------------|

**5. *Kation Exchanger (KE-01)***

|        |                                                                                                                                                           |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fungsi | : Menghilangkan mineral yang masih terkandung dalam air dengan cara mengikat ion positif (Na <sup>+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Ba) yang ada di dalam air. |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|        |                                          |
|--------|------------------------------------------|
| Jenis  | : Tangki Silinder Tegak                  |
| Bahan  | : <i>Stainless steel SA 167 type 309</i> |
| Jumlah | : 1 unit                                 |

**Kondisi Operasi**

- a. Suhu Operasi (°C) : 30
- b. Tekanan (atm) : 1

**Dimensi**

- a. Volume Resin (m<sup>3</sup>) : 5.823.797,613
- b. Diameter (m) : 3,675
- c. Tinggi (m) : 3,675

**Pengadukan**

- a. Jenis Pengaduk : *Flat Blade Impeller*
- b. Kecepatan (rpm) : 155
- c. Power Pengadukan (Hp) : 3

Harga : Rp. 1.298.324.000

**6. Anion Exchanger (AE-01)**

Fungsi : Menghilangkan kadar mineral yang masih terkandung dalam air dengan cara mengikat ion-ion negatif

Jenis : Tangki Silinder Tegak

Bahan : *Stainless steel SA 167 type 309*

Jumlah : 1 unit

**Kondisi Operasi**

- a. Suhu Operasi (°C) : 30

b. Tekanan (atm) : 1

### **Dimensi**

a. Volume resin (m<sup>3</sup>) : 6,397

b. Diameter (m) : 2,946

c. Tinggi (m) : 12,847

### **Pengadukan**

a. Jenis Pengaduk : *Flat Blade Impeller*

b. Kecepatan (rpm) : 155

c. Power Pengadukan (Hp) : 3

Harga : Rp. 2.369.441.300

## **7. Deaerator (DA-01)**

Fungsi : Melepaskan gas-gas yang terlarut dalam air

Jenis : Tangki silinder horizontal

Bahan : *Stainless steel SA 167 type 309*

Waktu Tinggal (jam) : 2

Jumlah : 1

### **Kondisi Operasi**

a. Suhu Operasi (°C) : 30

b. Tekanan (atm) : 1

c.

**Dimensi**

- a. Volume Tangki ( $\text{m}^3$ ) : 157,829
- b. Diameter (m) : 4,650
- c. Tinggi (m) : 9,299

Harga : Rp. 1.437.893.830

**8. Bak Air Pendingin (BU-03)**

Fungsi : Menampung kebutuhan air untuk pendingin setelah dibersihkan pada *Sand Filter* (SF-01)

Jenis : Bak beton persegi panjang

Bahan : Beton bertulang

Jumlah : 1

Waktu Tinggal (jam) : 8

**Kondisi Operasi**

- a. Suhu Operasi ( $^{\circ}\text{C}$ ) : 30
- b. Tekanan (atm) : 1

**Dimensi Bak**

- a. Volume ( $\text{m}^3$ ) : 179,636
- b. Panjang (m) : 18,954
- c. Kedalaman (m) : 2
- d. Lebar (m) : 9,477

Harga : 1.866.340.750

### 9. *Cooling Tower* (CT-01)

Fungsi : Mendinginkan kembali air pendingin  
yang telah digunakan di alat proses.

Jenis : *Induced draft cooling tower*

Bahan : *Carbon Steel 178 Grade C*

Jumlah : 1

#### **Kondisi Operasi**

- a. Suhu Input (°C) : 30
- b. Suhu Output (°C) : 30
- c. Tekanan (atm) : 1

#### **Dimensi Cooling Tower**

- a. Diameter(m) : 1,525
- b. Tinggi (m) : 8,35

#### **Ukuran Bak Basin**

- a. Panjang (m) : 1,559
- b. Lebar (m) : 1,559
- c. Tinggi (m) : 1,247

Daya Penggerak *Fan* (Hp/ft) : 0,035

Motor Standar (Hp) : 0,33

Harga : Rp. 6.673.200.000

### Alat Penyimpanan (Tangki)

Tabel 5. 9 Spesifikasi Tangki Utilitas

| Tangki                        | TU-01                                                                      | TU-02                                                          | TU-03                                                          | TU-04                                                                                                  |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Fungsi peruntukan alat</b> | Sebagai tempat penyimpanan tawas ( $\text{Al}_2\text{SO}_4$ ) <sub>3</sub> | Sebagai tempat penyimpanan soda kaustik                        | Sebagai tempat penyimpanan kapur                               | Sebagai tempat penyimpanan kaporit                                                                     |
| <b>Lama penyimpanan</b>       | 14 hari                                                                    | 14 hari                                                        | 14 hari                                                        | 14 hari                                                                                                |
| <b>Fasa</b>                   | Cair                                                                       | Cair                                                           | Cair                                                           | Cair                                                                                                   |
| <b>Jumlah tangki</b>          | 1                                                                          | 1                                                              | 1                                                              | 1                                                                                                      |
| <b>Kondisi Operasi</b>        | Suhu : 30 °C<br>Tekanan : 1 atm                                            | Suhu : 30 °C<br>Tekanan : 1 atm                                | Suhu : 30 °C<br>Tekanan : 1 atm                                | Suhu : 30 °C<br>Tekanan : 1 atm                                                                        |
| <b>Spesifikasi</b>            | Bahan Konstruksi:<br><i>Stainless Steel SA-283<br/>Grade C</i>             | Bahan Konstruksi:<br><i>Stainless Steel SA-283<br/>Grade C</i> | Bahan Konstruksi:<br><i>Stainless Steel SA-283<br/>Grade C</i> | Bahan Konstruksi:<br><i>Carbon Steel SA-283<br/>Grade C</i><br><br>Volume tangki: 0,621 m <sup>3</sup> |

| Tangki                   | TU-01                                                                                                                                              | TU-02                                                                                                                                                                                                        | TU-03                                                                                                                                                                                                    | TU-04                                                                                                                                                  |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                          | <p>Volume tangki:<br/>1,064 m<sup>3</sup></p> <p>Diameter: 3,048 m</p> <p>Tinggi: 2,134 m</p> <p>Tebal <i>Shell</i>: 0,187 in</p>                  | <p>Volume tangki:<br/>4,861 m<sup>3</sup></p> <p>Diameter: 2,313 m</p> <p>Tinggi: 4,627 m</p> <p>Tinggi pengaduk:<br/>4,356 m</p> <p>Putaran pengadukan:<br/>37 rpm</p> <p>Power Pengadukan:<br/>0,05 Hp</p> | <p>Volume tangki: 0,858 m<sup>3</sup></p> <p>Diameter: 0,688 m</p> <p>Tinggi: 1,37 m</p> <p>Tinggi pengaduk:<br/>1,647 m</p> <p>Putaran pengadukan:<br/>84 rpm</p> <p>Power Pengadukan:<br/>0,125 Hp</p> | <p>Diameter: 0,498m</p> <p>Tinggi: 0,997 m</p> <p>Tinggi pengaduk: 1,33 m</p> <p>Putaran pengadukan: 125 rpm</p> <p>Power Pengadukan:<br/>0,125 Hp</p> |
| <b>Head &amp; Bottom</b> | <p>Jenis <i>head</i>: <i>Conical roof</i></p> <p>Tebal <i>head</i>: 0,101 (in)</p> <p>Jenis <i>bottom</i>: <i>flat bottom</i><br/>(alas datar)</p> | Jenis Tangki: Tangki silinder vertikal                                                                                                                                                                       | Jenis Tangki: Tangki silinder vertikal                                                                                                                                                                   | Jenis Tangki: Tangki silinder                                                                                                                          |

| Tangki         | TU-01                           | TU-02           | TU-03          | TU-04          |
|----------------|---------------------------------|-----------------|----------------|----------------|
|                | Tebal <i>bottom</i> : 0,1875 in |                 |                |                |
| Harga (Rupiah) | Rp. 104.520.000                 | Rp. 120.600.000 | Rp. 81.145.250 | Rp. 17.688.000 |

Tabel 5.9 Lanjutan

| Tangki                        | TU-05                                                                                                                          | TU-06                                     | TU-07                                                                                                        | TU-08                                                                      |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| <b>Fungsi peruntukan alat</b> | Mencampurkan Cl <sub>2</sub> kedalam air untuk menghilangkan kuman dan patogen air yang digunakan pada kebutuhan rumah tangga. | Menghilangkan kandungan klorin dalam air. | Sebagai tempat penyimpanan air bersih yang siap dipakai untuk keperluan domestik, service, dan layanan umum. | Melarutkan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> untuk regenerasi penukar kation. |
| <b>Lama penyimpanan</b>       | 14 hari                                                                                                                        | 14 hari                                   | 14 hari                                                                                                      | 14 hari                                                                    |
| <b>Fasa</b>                   | Cair                                                                                                                           | Cair                                      | Cair                                                                                                         | Cair                                                                       |
| <b>Jumlah tangki</b>          | 1                                                                                                                              | 1                                         | 4                                                                                                            | 1                                                                          |

| Tangki          | TU-05                                                                                                                                                                                                                                                           | TU-06                                                                                                                                                                                                                                                                | TU-07                                                                                                                                                                                                                                   | TU-08                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kondisi Operasi | Suhu : 30 °C<br>Tekanan : 1 atm                                                                                                                                                                                                                                 | Suhu : 30 °C<br>Tekanan : 1 atm                                                                                                                                                                                                                                      | Suhu : 30 °C<br>Tekanan : 1 atm                                                                                                                                                                                                         | Suhu : 30 °C<br>Tekanan : 1 atm                                                                                                                                                                                                                                   |
| Spesifikasi     | Bahan Konstruksi:<br><i>Stainless Steel SA-283<br/>Grade C</i><br><br>Volume tangki:<br>275,953 m <sup>3</sup><br><br>Diameter: 3,01 m<br><br>Tinggi: 6,03 m<br><br>Tinggi pengaduk: 21,608 m<br><br>Putaran pengadukan: 320 rpm<br><br>Power Pengadukan: 60 Hp | Bahan Konstruksi:<br><i>Stainless Steel SA-283<br/>Grade C</i><br><br>Volume tangki:<br>413,930 m <sup>3</sup><br><br>Diameter: 4,5 m<br><br>Tinggi: 9,04 m<br><br>Tinggi pengaduk:<br>32,716 m<br><br>Putaran pengadukan:<br>190 rpm<br><br>Power Pengadukan: 25 Hp | Bahan Konstruksi:<br><i>Carbon Steel SA-283<br/>Grade C</i><br><br>Volume tangki:<br>198.686,533 m <sup>3</sup><br><br>Diameter: 54,864 m<br><br>Tinggi: 68,275 m<br><br>Jumlah <i>course</i> : 6<br><br>Tebal <i>Shell</i> : 0,4375 in | Bahan Konstruksi:<br><i>Stainless Steel SA-283<br/>Grade C</i><br><br>Volume tangki: 11,799 m <sup>3</sup><br><br>Diameter: 2,081 m<br><br>Tinggi: 4,163 m<br><br>Tinggi pengaduk: 3,969 m<br><br>Putaran pengadukan: 37 rpm<br><br>Power Pengadukan:<br>0.083 Hp |

| <b>Tangki</b>                   | <b>TU-05</b>                           | <b>TU-06</b>                           | <b>TU-07</b>                                                                                                                                                                | <b>TU-08</b>                           |
|---------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| <b><i>Head &amp; Bottom</i></b> | Jenis Tangki: Tangki silinder vertikal | Jenis Tangki: Tangki silinder vertikal | Jenis <i>head</i> : <i>Conical roof</i><br><br>Tebal <i>head</i> : 2,25 (in)<br><br>Jenis <i>bottom</i> : <i>flat bottom</i> (alas datar)<br><br>Tebal <i>bottom</i> : 3 in | Jenis Tangki: Tangki silinder vertikal |
| <b>Harga (Rupiah)</b>           | Rp. 475.164.000                        | Rp. 20.775.360                         | Rp. 176.880.000                                                                                                                                                             | Rp. 99.696.000                         |

Tabel 5.9 Lanjutan

| Tangki                        | TU-09                                                                                                     | TU-10                                                                                                     | TU-11                                                                                                 | TU-12                                                                                                     |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Fungsi peruntukan alat</b> | Melarutkan NaOH untuk regenerasi penukar anion                                                            | Sebagai tempat penyimpanan cairan hidrazin ( $\text{N}_2\text{H}_4$ )                                     | Menyimpan kondensat <i>steam</i>                                                                      | Sebagai tempat penyimpanan udara kebutuhan untuk <i>cooling tower</i>                                     |
| <b>Lama penyimpanan</b>       | 14 hari                                                                                                   | 14 hari                                                                                                   | hari                                                                                                  | 30 hari                                                                                                   |
| <b>Fasa</b>                   | Cair                                                                                                      | Cair                                                                                                      | Cair                                                                                                  | Cair                                                                                                      |
| <b>Jumlah tangki</b>          | 1                                                                                                         | 1                                                                                                         | 1                                                                                                     | 1                                                                                                         |
| <b>Kondisi Operasi</b>        | Suhu : 30 °C<br>Tekanan : 1 atm                                                                           | Suhu : 30 °C<br>Tekanan : 1 atm                                                                           | Suhu : 30 °C<br>Tekanan : 1 atm                                                                       | Suhu : 30 °C<br>Tekanan : 1 atm                                                                           |
| <b>Spesifikasi</b>            | Bahan Konstruksi:<br><i>Stainless Steel SA-283 Grade C</i><br><br>Volume tangki:<br>19,444 m <sup>3</sup> | Bahan Konstruksi:<br><i>Stainless Steel SA-283 Grade C</i><br><br>Volume tangki:<br>39,747 m <sup>3</sup> | Bahan Konstruksi:<br><i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i><br><br>Volume tangki:<br>1,473 m <sup>3</sup> | Bahan Konstruksi:<br><i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i><br><br>Volume tangki:<br>2.335,519 m <sup>3</sup> |

| Tangki                   | TU-09                                                                                                                                                             | TU-10                                                                                                                                                             | TU-11                                      | TU-12                                                                                                                                                             |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                          | Diameter: 2,314 m<br><br>Tinggi: 4,627 m<br><br>Tinggi pengaduk:<br>4,356 m<br><br>Putaran pengadukan: 37 rpm<br><br>Power Pengadukan: 0,05 Hp                    | Diameter: 3,048 m<br><br>Tinggi: 1,219 m                                                                                                                          | Diameter: 0,0159 m<br><br>Tinggi: 0,0476 m | Diameter: 15,240 m<br><br>Tinggi: 12,802 m                                                                                                                        |
| <b>Head &amp; Bottom</b> | Jenis Tangki: Tangki silinder vertikal<br><br><i>Bottom</i> : alas datar ( <i>flat bottom</i> )<br><br><i>Head</i> : Conical roof ( <i>Fixed cone Roof tank</i> ) | Jenis Tangki: Tangki silinder vertikal<br><br><i>Bottom</i> : alas datar ( <i>flat bottom</i> )<br><br><i>Head</i> : Conical roof ( <i>Fixed cone Roof tank</i> ) | Jenis Tangki: Tangki silinder Horizontal   | Jenis Tangki: Tangki silinder vertikal<br><br><i>Bottom</i> : alas datar ( <i>flat bottom</i> )<br><br><i>Head</i> : Conical roof ( <i>Fixed cone Roof tank</i> ) |

| <b>Tangki</b>         | <b>TU-09</b>    | <b>TU-10</b>    | <b>TU-11</b>   | <b>TU-12</b>   |
|-----------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| <b>Harga (Rupiah)</b> | Rp. 120.600.000 | Rp. 160.800.000 | Rp. 16.884.000 | Rp. 24.048.300 |

### Pompa Utilitas

Tabel 5. 10 Spesifikasi Pompa Utilitas

| <b>Spesifikasi</b> | <b>Pompa Utilitas</b>                                                         |                                                                         |                                                                                |                                                                                            |                                                                                          |                                                                             |                                                                              |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Kode Alat</b>   | <b>PU-01</b>                                                                  | <b>PU-02</b>                                                            | <b>PU-03</b>                                                                   | <b>PU-04</b>                                                                               | <b>PU-05</b>                                                                             | <b>PU-06</b>                                                                | <b>PU-07</b>                                                                 |
| <b>Fungsi</b>      | Sebagai alat untuk mengalirkan air dari sungai menuju Bak Sedimentasi (BU-01) | Mengalirkan air dari Bak Sedimentasi (BU-01) ke <i>Clarifier</i> (K-01) | Mengalirkan air dari <i>Clarifier</i> (K-01) menuju <i>Sand Filter</i> (SF-01) | Mengalirkan air dari <i>Sand Filter</i> (SF-01) menuju Bak Penampung Air Sementara (BU-02) | Mengalirkan air dari Bak Penampung Air Sementara (BU-02) menuju Tangki Klorinasi (TU-05) | Mengalirkan air dari Tangki Klorinasi (TU-05) ke Tangki Deklorinasi (TU-06) | Mengalirkan air dari Tangki Deklorinasi (TU-06) ke Tangki Air Bersih (TU-07) |

| Spesifikasi                     | Pompa Utilitas |         |         |         |         |         |         |
|---------------------------------|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Kode Alat                       | PU-01          | PU-02   | PU-03   | PU-04   | PU-05   | PU-06   | PU-07   |
| Bahan yang Dipompa              | Air sungai     | Air     | Air     | Air     | Air     | Air     | Air     |
| Viskositas (cP)                 | 1              | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       |
| Densitas (kg/ m <sup>3</sup> )  | 1000           | 1000    | 1000    | 1000    | 1000    | 1000    | 1000    |
| Tekanan (atm)                   | 1              | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       |
| Kapasitas (m <sup>3</sup> /jam) | 283,312        | 253,127 | 253,127 | 252,957 | 252,957 | 252,957 | 252,957 |
| Pump Head (m)                   | 7,026          | 399,322 | 379,694 | 10,902  | 7,876   | 9,203   | 61,011  |
| Suhu Fluida (°C)                | 30             | 30      | 30      | 30      | 30      | 30      | 30      |

| Spesifikasi     | Pompa Utilitas                      |                                     |                                       |                                       |                                       |                                       |                                       |
|-----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Kode Alat       | PU-01                               | PU-02                               | PU-03                                 | PU-04                                 | PU-05                                 | PU-06                                 | PU-07                                 |
| Jenis Aliran    | <i>Axial Flow Impellers</i>         | <i>Mixed Flow Impellers</i>         | <i>Mixed Flow Impellers</i>           | <i>Mixed Flow Impellers</i>           | <i>Mixed Flow Impellers</i>           | <i>Axial flow impellers</i>           | <i>Mixed Flow Impellers</i>           |
| Daya Motor (HP) | 0,05                                | 0,05                                | 0,05                                  | 0,05                                  | 0,05                                  | 0,05                                  | 0,05                                  |
| Jumlah          | 1                                   | 1                                   | 1                                     | 1                                     | 1                                     | 1                                     | 1                                     |
| Material        | <i>Carbon Steel SA -283 grade C</i> | <i>Carbon Steel SA -283 grade C</i> | <i>Stainless steel SA 283 grade C</i> | <i>Stainless steel SA 283 grade C</i> | <i>Stainless steel SA 283 grade C</i> | <i>Stainless steel SA 283 grade C</i> | <i>Stainless steel SA 283 grade C</i> |
| Harga           | Rp. 48.320.400                      | Rp. 48.240.000                      | Rp. 48.240.000                        | Rp. 46.632.000                        | Rp. 46.632.000                        | Rp. 46.632.000                        | Rp. 46.632.000                        |

Tabel 5.10 Lanjutan

| Spesifikasi                    | Pompa Utilitas                                                                                      |                                                                                           |                                                                                        |                                                                                |                                                                      |                                                                                     |                                                                |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Kode Alat                      | PU-08                                                                                               | PU-09                                                                                     | PU-10                                                                                  | PU-11                                                                          | PU-12                                                                | PU-13                                                                               | PU-14                                                          |
| Fungsi                         | Mengalirkan air dari Tangki Air Bersih (TU-07) untuk air domestik, air layanan umum, dan air proses | Mengalirkan air dari Bak Penampung Air Sementara (BU-02) ke <i>Kation Exchanger</i> (KE-0 | Mengalirkan air dari <i>Kation Exchanger</i> (KE-01) ke <i>Anion Exchanger</i> (AE-01) | Mengalirkan air dari <i>Anion Exchanger</i> (AE-01) ke <i>Deaerator</i> (D-01) | mengalirkan air dari <i>Deaerator</i> (D-01) ke <i>Boiler</i> (B-01) | Mengalirkan air dari <i>Boiler</i> (B-01) ke <i>Heater</i> (HE-01, HE-02 dan HE-03) | Mengalirkan air dari <i>Heater</i> ke Tangki Kondensat (TU-11) |
| Bahan yang Dipompa             | Air                                                                                                 | Air                                                                                       | Air                                                                                    | Air                                                                            | Air                                                                  | Air                                                                                 | Air                                                            |
| Viskositas (cP)                | 1                                                                                                   | 1                                                                                         | 1                                                                                      | 1                                                                              | 1                                                                    | 1                                                                                   | 1                                                              |
| Densitas (kg/ m <sup>3</sup> ) | 1000                                                                                                | 1000                                                                                      | 1000                                                                                   | 1000                                                                           | 1000                                                                 | 1000                                                                                | 1000                                                           |

| Spesifikasi                     | Pompa Utilitas              |                             |                             |                             |                             |                             |                              |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Kode Alat                       | PU-08                       | PU-09                       | PU-10                       | PU-11                       | PU-12                       | PU-13                       | PU-14                        |
| Tekanan (atm)                   | 1                           | 1                           | 1                           | 1                           | 1                           | 1                           | 1                            |
| Kapasitas (m <sup>3</sup> /jam) | 252,957                     | 252,957                     | 71,440                      | 71,647                      | 72,158                      | 72,158                      | 4,881                        |
| Pump Head (m)                   | 29,469                      | 1,675                       | 9,172                       | 25,095                      | 25,799                      | 33,848                      | 5,625                        |
| Suhu Fluida (°C)                | 30                          | 30                          | 30                          | 30                          | 30                          | 30                          | 30                           |
| Jenis Aliran                    | <i>Mixed flow impellers</i> | <i>Axial Flow impellers</i> | <i>Mixed flow impellers</i> | <i>Mixed flow impellers</i> | <i>Mixed flow impellers</i> | <i>Mixed flow impellers</i> | <i>Radial Flow Impellers</i> |
| Daya Motor (HP)                 | 0,05                        | 0,05                        | 15                          | 15                          | 15                          | 15                          | 0,166                        |
| Jumlah                          | 1                           | 1                           | 1                           | 1                           | 1                           | 1                           | 1                            |

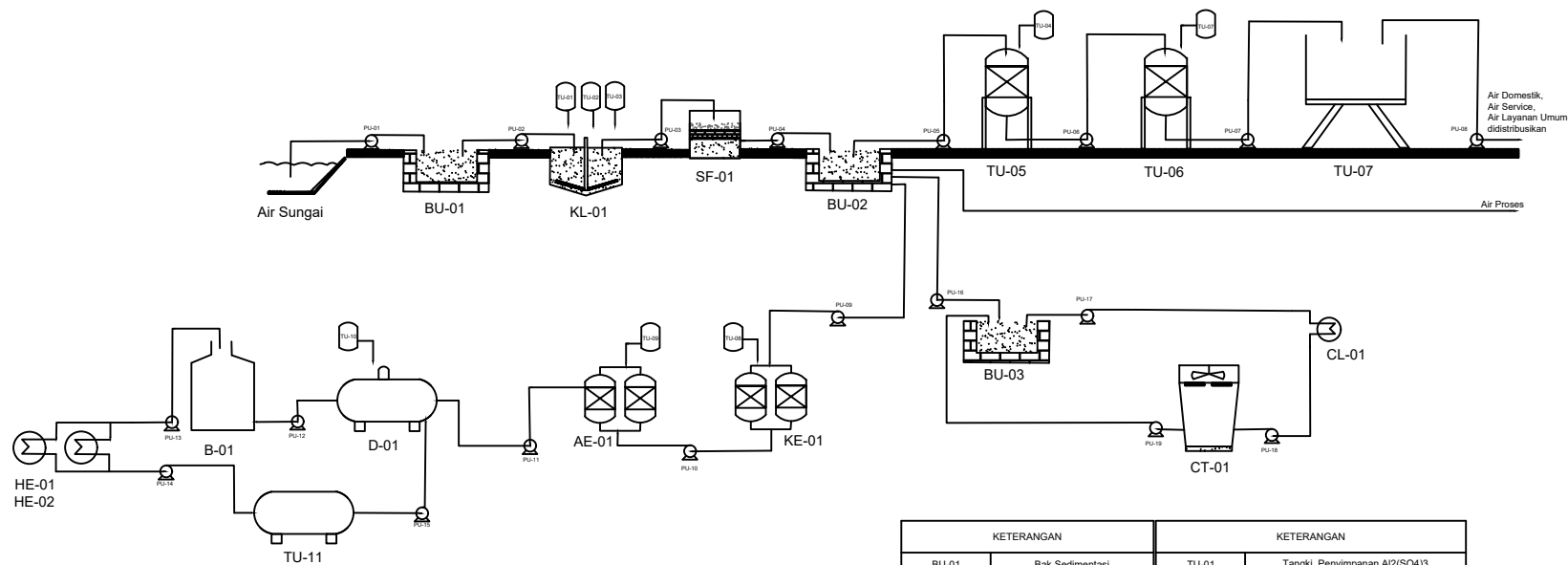
| Spesifikasi | Pompa Utilitas                      |                                       |                                       |                                       |                                       |                                       |                                       |
|-------------|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Kode Alat   | PU-08                               | PU-09                                 | PU-10                                 | PU-11                                 | PU-12                                 | PU-13                                 | PU-14                                 |
| Material    | <i>Carbon Steel SA -283 grade C</i> | <i>Stainless steel SA 283 grade C</i> | <i>Stainless steel SA 283 grade C</i> | <i>Stainless steel SA 283 grade C</i> | <i>Stainless steel SA 283 grade C</i> | <i>Stainless steel SA 283 grade C</i> | <i>Stainless steel SA 283 grade C</i> |
| Harga       | Rp. 46.632.000                      | Rp. 46.632.000                        | Rp. 13.024.800                        | Rp. 11.095.200                        | Rp 11.416.800                         | Rp 11.577.600                         | Rp 3.216.000                          |

Tabel 5.10 Lanjutan

| Spesifikasi                   | Pompa Utilitas                                                               |                                                                                       |                                                                         |                                                             |                                                                                                      |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kode Alat                     | PU-15                                                                        | PU-16                                                                                 | PU-17                                                                   | PU-18                                                       | PU-19                                                                                                |
| Fungsi                        | Mengalirkan air dari Tangki Kondensat (TU-11) menuju <i>Deaerator</i> (D-01) | Mengalirkan air dari Bak Penampung Air Sementara (BU-02) ke Bak Air Pendingin (BU-03) | Mengalirkan air dari Bak Air Pendingin (BU-03) ke <i>Cooler</i> (CL-01) | Mengalirkan air dari <i>Cooler</i> ke Cooling Tower (CT-01) | Mengalirkan air dari Cooling Tower (CT-01) menuju Bak Air Pendingin (BU-03) untuk digunakan kembali. |
| Bahan yang Dipompa            | Air                                                                          | Air                                                                                   | Air                                                                     | Air                                                         | Air                                                                                                  |
| Viskositas (cP)               | 1                                                                            | 1                                                                                     | 1                                                                       | 1                                                           | 1                                                                                                    |
| Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | 1000                                                                         | 1000                                                                                  | 1000                                                                    | 1000                                                        | 1000                                                                                                 |
| Tekanan (atm)                 | 1                                                                            | 1                                                                                     | 1                                                                       | 1                                                           | 1                                                                                                    |

| Spesifikasi                     | Pompa Utilitas                          |                                         |                                         |                                        |                                         |
|---------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|
| Kode Alat                       | PU-15                                   | PU-16                                   | PU-17                                   | PU-18                                  | PU-19                                   |
| Kapasitas (m <sup>3</sup> /jam) | 0,718                                   | 20,583                                  | 20,583                                  | 20,583                                 | 8,95                                    |
| Pump Head (m)                   | 4,785                                   | 69,992                                  | 45,225                                  | 21,397                                 | 28,004                                  |
| Suhu Fluida (°C)                | 30                                      | 30                                      | 30                                      | 30                                     | 30                                      |
| Jenis Aliran                    | <i>Radial Flow Impellers</i>            | <i>Mixed flow impellers</i>             | <i>Mixed flow impellers</i>             | <i>Mixed flow impellers</i>            | <i>Radial flow impellers</i>            |
| Daya Motor (HP)                 | 0,05                                    | 7,5                                     | 5                                       | 0,05                                   | 0,05                                    |
| Jumlah                          | 1                                       | 1                                       | 1                                       | 1                                      | 1                                       |
| Material                        | <i>Stainless Steel SA - 283 grade C</i> | <i>Stainless Steel SA - 283 grade C</i> | <i>Stainless Steel SA - 283 grade C</i> | <i>Stainless Steel SA -283 grade C</i> | <i>Stainless Steel SA - 283 grade C</i> |
| Harga                           | Rp 11.416.800                           | Rp. 10.452.000                          | Rp. 10.452.000                          | Rp. 11.256.000                         | Rp. 7.879.200                           |

DIAGRAM UNIT PENGOLAHAN AIR  
PABRIK KARET ALAM SIKLIS



| KETERANGAN    |                          | KETERANGAN    |                                                                    |
|---------------|--------------------------|---------------|--------------------------------------------------------------------|
| BU-01         | Bak Sedimentasi          | TU-01         | Tangki Penyimpanan Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> |
| BU-02         | Bak Air Bersih Sementara | TU-02         | Tangki Penyimpanan NaOH                                            |
| BU-03         | Bak Air Pendingin        | TU-03         | Tangki Penyimpanan Kapur                                           |
| KL-01         | Klarifier                | TU-04         | Tangki Kaporit                                                     |
| SF-01         | Sand Filter              | TU-05         | Tangki Klorinasi                                                   |
| CT-01         | Cooling Tower            | TU-06         | Tangki Deklorinasi                                                 |
| CL-01         | Cooler                   | TU-07         | Tangki Penyimpanan Air Bersih                                      |
| KE-01         | Kation Exchanger         | TU-08         | Tangki Resin Kation (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )              |
| AE-01         | Anion Exchanger          | TU-09         | Tangki Resin Anion (NaOH)                                          |
| D-01          | Deaerator                | TU-10         | Tangki Penyimpanan Hidrazin                                        |
| B-01          | Boiler                   | TU-11         | Tangki Air Kondensat                                               |
| HE-01 & HE-02 | Heater                   | TU-12         | Tangki Udara                                                       |
|               |                          | PU-01 - PU-19 | Pompa Utilitas                                                     |

Gambar 5.1 Diagram Unit Pengolahan Air

## **BAB VI**

### **EVALUASI EKONOMI**

Pada perancangan suatu pabrik tentunya diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi pabrik, dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu juga, evaluasi ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan dan layak atau tidak untuk didirikan. Dalam evaluasi ekonomi terdapat beberapa faktor yang dapat ditinjau dalam evaluasi ekonomi, antara lain:

#### **1. *Return on Investment (ROI)***

*Return on investment* adalah laju perkiraan keuntungan di setiap tahun yang dapat mengembalikan modal yang diinvestasikan. Secara matematis ROI dapat dihitung dengan membandingkan keuntungan tahunan dengan modal investasi dalam satuan persen. Nilai ROI didapatkan menggunakan rumus:

$$\text{ROI sebelum pajak} = \frac{\text{Keuntungan sebelum pajak}}{\text{Fixed capital}} \times 100\%$$

$$\text{ROI setelah pajak} = \frac{\text{Keuntungan setelah pajak}}{\text{Fixed capital}} \times 100\%$$

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

*Pay Out Time* adalah jumlah tahun yang telah berselang sebelum didapatkan sesuatu penerimaan melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *capital investment* dengan profit sebelum dikurangi. Jika suatu pabrik memiliki nilai prediksi POT terlalu tinggi, maka pabrik tersebut tidak menarik bagi investor. Nilai POT didapatkan menggunakan rumus:

$$\text{POT sebelum pajak} = \frac{\text{Fixed capital}}{\text{Keuntungan sebelum pajak} + \text{Depreciation}}$$

$$\text{POT setelah pajak} = \frac{\text{Fixed Capital}}{\text{Keuntungan setelah pajak} + \text{Depreciation}}$$

## 3. *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR)*

*Discounted cash flow* merupakan perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun didasarkan pada jumlah investasi yang tidak kembali selama umur ekonomi. *Rated of return based on discounted cash flow* adalah laju bunga maksimal dimana suatu pabrik atau proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.

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

*Break Even Point* adalah terjadi titik impas dimana tingkat penjualan atau pendapatan yang diperoleh dan modal yang digunakan untuk menghasilkan laba berada dalam posisi yang sama. Titik ini melambangkan kondisi pabrik dimana tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian. Pabrik akan mengalami keuntungan jika pabrik beroperasi di atas titik impas (BEP), begitu juga sebaliknya

pabrik akan mengalami kerugian apabila pabrik beroperasi di bawah BEP. BEP digunakan untuk menganalisis performa pabrik, sehingga tidak memiliki batasan pasti. Semakin kecil nilai BEP, maka kemungkinan pabrik untung dengan produksi yang sedikit akan semakin besar. Nilai BEP dihitung dengan menggunakan rumus:

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

**Dengan:**

Fa (*Fixed Cost*) : Total biaya depresiasi, pajak, dan asuransi

Ra (*Regulated Cost*) : Total biaya gaji karyawan, *payroll overhead*, *Supervisi*,  
*plant overhead*, laboratorium, *general expense*,  
*maintenance*, dan *plant supplies*.

Va (*Variable Cost*) : Total biaya bahan baku, *packing*, *shipping*, *royalti*

Sa (*Sales*) : Biaya penjualan

### 5. Shut Down Point (SDP)

*Shut Down Point* adalah suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi harus dihentikan. Penyebabnya antara lain variable cost yang terlalu tinggi atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan keuntungan). Nilai SDP didapatkan dengan menggunakan rumus:

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

Sebelum dilakukan analisis terhadap faktor-faktor tersebut, perlu dilakukan perkiraan terhadap beberapa hal berikut :

- a. Penentuan Modal Industri (*Total Capital Investment*), meliputi :
  - Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)
  - Modal Kerja (*Working Capital Investment*)
- b. Penentuan Biaya Produksi Total (*Total Production Cost*), meliputi :

Terdiri atas :

- *Direct Manufacturing Cost*
- *Indirect Manufacturing Cost*
- *Fixed Manufacturing Cost*
- Pengeluaran Umum (*General Expenses*)

- c. Analisis Kelayakan

Terdiri atas :

- Keuntungan (*Profit*)
- *Percent Return On Investment* (ROI)
- *Pay Out Time* (POT)
- *Break Even Point* (BEP)
- *Shut Down Point* (SDP)
- *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFRR)

## 6.1 Penaksiran Harga Alat

Harga Alat setiap tahun akan mengalami pergantian harga tergantung pada kondisi ekonomi di tahun tersebut. Oleh sebab itu, perlu memperkirakan harga alat di tahun tertentu dengan mencari tahu harga indeks peralatan pada tahun tersebut. Pabrik Karet Alam Siklis direncanakan akan didirikan pada tahun 2030, sehingga perlu dicari indeks harga pada tahun tersebut. Nilai indeks harga pada tahun 2030 dapat diperkirakan melalui data indeks dari tahun-tahun sebelumnya. Indeks harga pada tahun perencanaan ditentukan dengan regresi linear terhadap indeks harga tahun sebelumnya, data indeks harga tersebut didapat dari *Chemical Engineering Plant Cost* (CEPCI)

Tabel 6. 1 Indeks Harga Alat

| Tahun (x) | Indeks (y) |
|-----------|------------|
| 1987      | 324,00     |
| 1988      | 343,00     |
| 1989      | 355,00     |
| 1990      | 357,60     |
| 1991      | 361,30     |
| 1992      | 358,20     |
| 1993      | 359,20     |
| 1994      | 368,10     |
| 1995      | 381,10     |
| 1996      | 381,70     |
| 1997      | 386,50     |
| 1998      | 389,50     |
| 1999      | 390,60     |
| 2000      | 394,10     |
| 2001      | 394,30     |
| 2002      | 390,40     |

Berdasarkan Tabel 6.1 diatas, maka diperoleh persamaan regresi linear sebagai berikut:

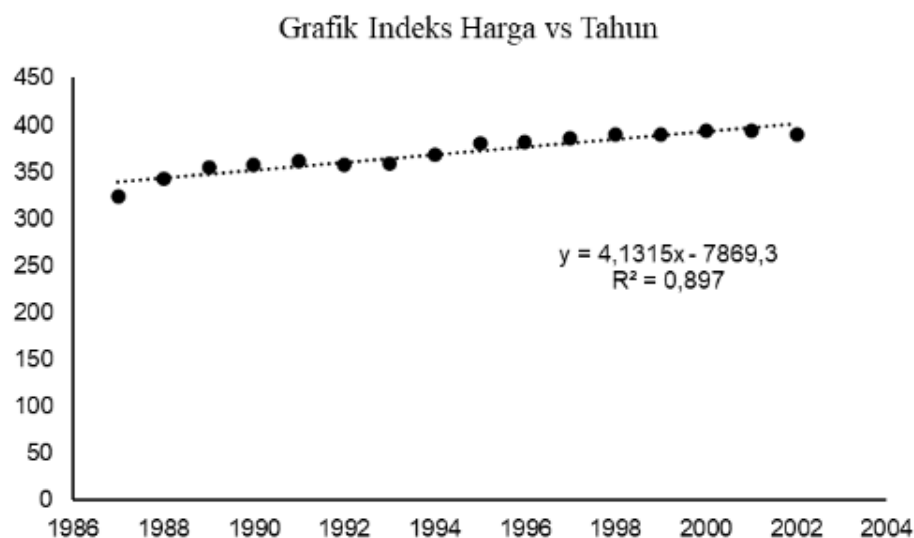
$$y = 4,1315 x - 7.869,3 \quad (6.1)$$

Dimana :

y = Indeks Harga

x = Tahun Pembelian

Rencana pendirian pabrik karet alam siklis dengan kapasitas pabrik 70.000 ton/tahun yaitu pada tahun 2030. Persamaan di atas disubstitusikan nilai x menjadi 2030, maka akan diperoleh harga indeks alat sebesar 787,35. Berikut ini merupakan grafik hubungan antara tahun dan indeks harga yang ditunjukkan pada Gambar 6.1.



Gambar 6. 1 Grafik Indeks Harga vs Tahun

Dari persamaan (6.1) didapat indeks harga pada tahun 2030 adalah 517,645. Untuk memperkirakan harga alat, terdapat dua persamaan pendekatan yang dapat

digunakan. Harga alat pada tahun pabrik didirikan dapat ditentukan berdasarkan harga pada tahun referensi dikalikan dengan rasio indeks harga.

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

Dimana:

$E_x$  = Harga alat pada tahun x

$E_y$  = Harga alat pada tahun y

$N_x$  = Indeks harga pada tahun x

$N_y$  = Indeks harga pada tahun y (Aries dan Newton, 1955)

Harga eksponen tergantung dari jenis alat yang akan dicari harganya. Harga eksponen untuk berbagai macam jenis alat dapat dilihat pada *Peter and Timmerhaus, "Plant Design and Economic for Chemical Engineering", 3th edition*. Berikut daftar harga alat proses dan alat utilitas dapat dilihat pada Tabel 6.2

Tabel 6. 2 Daftar Harga Alat Proses

| Nama Alat                        | Kode Alat | Jumlah | NY      | NX      | EY (Rp)       | EX (Rp)        |
|----------------------------------|-----------|--------|---------|---------|---------------|----------------|
|                                  |           |        | 1955    | 2030    | 1955          | 2030           |
| <i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> | RDVF-01   | 1      | 207,782 | 517,645 | 160.520.000   | 399.900.739    |
| <i>Mixer</i>                     | M-01      | 1      | 207,782 | 517,645 | 15.257.333    | 38.010.332     |
| Reaktor 1                        | R-01      | 2      | 207,782 | 517,645 | 4.087.740.080 | 10.183.717.174 |
| Bak Koagulasi                    | BK-01     | 1      | 207,782 | 517,645 | 481.560.000   | 1.199.702.218  |
| <i>Centrifuge 1</i>              | CF-01     | 1      | 207,782 | 517,645 | 1.166.980.400 | 2.907.278.376  |
| Reaktor 2                        | R-02      | 2      | 207,782 | 517,645 | 5.294.626.530 | 13.190.412.812 |
| <i>Netralizer</i>                | N-01      | 1      | 207,782 | 517,645 | 642.414.000   | 1.600.435.046  |

| Nama Alat                        | Kode Alat | Jumlah | NY      | NX      | EY (Rp)       | EX (Rp)       |
|----------------------------------|-----------|--------|---------|---------|---------------|---------------|
|                                  |           |        | 1955    | 2030    | 1955          | 2030          |
| <i>Centrifuge 2</i>              | CF-02     | 1      | 207,782 | 517,645 | 1.167.587.445 | 2.908.790.697 |
| Bak Pencucian                    | BP-01     | 1      | 207,782 | 517,645 | 176.572.000   | 439.890.813   |
| <i>Centrifuge 3</i>              | CF-03     | 1      | 207,782 | 517,645 | 433.629.450   | 1.080.293.656 |
| <i>Spray Dryer</i>               | SD-01     | 1      | 207,782 | 517,645 | 1.445.431.500 | 3.600.978.854 |
| Tangki Lateks                    | T-01      | 1      | 207,782 | 517,645 | 2.412.000.000 | 6.008.974.481 |
| Tangki Surfaktan Emulgen         | T-02      | 1      | 207,782 | 517,645 | 884.400.000   | 2.203.290.643 |
| Tangki Enzim Protease            | T-03      | 1      | 207,782 | 517,645 | 241.200.000   | 600.897.448   |
| Tangki Asam Format               | T-04      | 1      | 207,782 | 517,645 | 482.400.000   | 1.201.794.896 |
| Tangki Asam Sulfat               | T-05      | 1      | 207,782 | 517,645 | 961.932.000   | 2.396.444.793 |
| Tangki Gas H <sub>2</sub>        | T-06      | 1      | 207,782 | 517,645 | 128.640.000   | 320.478.639   |
| Tangki <i>Ammonium Hydroxide</i> | T-07      | 1      | 207,782 | 517,645 | 1.608.000.000 | 4.005.982.987 |
| Silo                             | S-01      | 1      | 207,782 | 517,645 | 289.440.000   | 721.076.938   |
| Pompa 1                          | P-01      | 1      | 207,782 | 517,645 | 11.256.000    | 28.041.881    |
| Pompa 2                          | P-02      | 1      | 207,782 | 517,645 | 9.648.000     | 24.035.898    |
| Pompa 3                          | P-03      | 1      | 207,782 | 517,645 | 17.688.000    | 44.065.813    |
| Pompa 4                          | P-04      | 1      | 207,782 | 517,645 | 160.8         | 400.598       |
| Pompa 5                          | P-05      | 1      | 207,782 | 517,645 | 14.472.000    | 36.053.847    |
| Pompa 6                          | P-06      | 1      | 207,782 | 517,645 | 160.8         | 400.598       |
| Pompa 7                          | P-07      | 1      | 207,782 | 517,645 | 12.864.000    | 32.047.864    |
| Pompa 8                          | P-08      | 1      | 207,782 | 517,645 | 16.884.000    | 42.062.821    |
| Pompa 9                          | P-09      | 1      | 207,782 | 517,645 | 160.8         | 400.598       |
| Pompa 10                         | P-10      | 1      | 207,782 | 517,645 | 15.276.000    | 38.056.838    |
| Pompa 11                         | P-11      | 1      | 207,782 | 517,645 | 1.596.870     | 3.978.255     |
| Pompa 12                         | P-12      | 1      | 207,782 | 517,645 | 6.387.480     | 15.913.020    |

[illegible]

Tabel 6. 3 Daftar Harga Alat Utilitas

| Nama Alat                                     | Kode Alat | Jumlah | NY      | NX      | EY (Rp)       | EX (Rp)        |
|-----------------------------------------------|-----------|--------|---------|---------|---------------|----------------|
|                                               |           |        | 1955    | 2030    | 1955          | 2030           |
| Bak Sedimentasi                               | BU-01     | 1      | 207,782 | 517,645 | 1.882.569.800 | 4.690.014.049  |
| <i>Clarifier</i>                              | K-01      | 1      | 207,782 | 517,645 | 2.190.921.750 | 5.458.206.005  |
| <i>Sand Filter</i>                            | SF-01     | 1      | 207,782 | 517,645 | 1.355.125.675 | 3.376.001.492  |
| Bak Penampung Air Sementara                   | BU-02     | 1      | 207,782 | 517,645 | 2.694.022.300 | 6.711.571.829  |
| <i>Kation Exchanger</i>                       | KE-01     | 1      | 207,782 | 517,645 | 1.298.324.000 | 3.234.492.448  |
| <i>Anion Exchanger</i>                        | AE-01     | 1      | 207,782 | 517,645 | 2.369.441.300 | 5.902.948.717  |
| <i>Deaerator</i>                              | D-01      | 1      | 207,782 | 517,645 | 1.437.893.830 | 3.582.200.386  |
| Bak Air Pendingin                             | BU-03     | 1      | 207,782 | 517,645 | 1.866.340.750 | 4.649.582.893  |
| <i>Cooling Tower</i>                          | CT-01     | 1      | 207,782 | 517,645 | 6.673.200.000 | 16.624.829.396 |
| Tangki Tawas ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) | TU-01     | 1      | 207,782 | 517,645 | 104.520.000   | 260.388.894    |
| Tangki Soda Kaustik                           | TU-02     | 1      | 207,782 | 517,645 | 120.600.000   | 300.448.724    |
| Tangki Kapur                                  | TU-03     | 1      | 207,782 | 517,645 | 81.145.250    | 202.155.778    |
| Tangki Kaporit ( $\text{Cl}_2$ )              | TU-04     | 1      | 207,782 | 517,645 | 17.688.000    | 44.065.813     |
| Tangki Klorinasi                              | TU-05     | 1      | 207,782 | 517,645 | 475.164.000   | 1.183.767.973  |
| Tangki Deklorinasi                            | TU-06     | 1      | 207,782 | 517,645 | 20.775.360    | 51.757.300     |
| Tangki Air Bersih                             | TU-07     | 1      | 207,782 | 517,645 | 176.880.000   | 440.658.129    |
| Tangki Resin Kation                           | TU-08     | 1      | 207,782 | 517,645 | 99.696.000    | 248.370.945    |
| Tangki Resin Anion                            | TU-09     | 1      | 207,782 | 517,645 | 120.600.000   | 300.448.724    |
| Tangki Hidrazin                               | TU-10     | 1      | 207,782 | 517,645 | 160.800.000   | 400.598.299    |

| Nama Alat                                   | Kode Alat | Jumlah | NY      | NX      | EY (Rp)        | EX (Rp)                |
|---------------------------------------------|-----------|--------|---------|---------|----------------|------------------------|
|                                             |           |        | 1955    | 2030    | 1955           | 2030                   |
| Tangki Kondensat                            | TU-11     | 1      | 207,782 | 517,645 | 16.884.000     | 42.062.821             |
| <i>Boiler</i>                               | B-01      | 1      | 207,782 | 517,645 | 23.937.848.750 | 59.635.954.501         |
| Pompa 1                                     | PU-01     | 1      | 207,782 | 517,645 | 48.320.400     | 120.379.789            |
| Pompa 2                                     | PU-02     | 1      | 207,782 | 517,645 | 48.240.000     | 120.179.490            |
| Pompa 3                                     | PU-03     | 1      | 207,782 | 517,645 | 48.240.000     | 120.179.490            |
| Pompa 4                                     | PU-04     | 1      | 207,782 | 517,645 | 46.632.000     | 116.173.507            |
| Pompa 5                                     | PU-05     | 1      | 207,782 | 517,645 | 46.632.000     | 116.173.507            |
| Pompa 6                                     | PU-06     | 1      | 207,782 | 517,645 | 46.632.000     | 116.173.507            |
| Pompa 7                                     | PU-07     | 1      | 207,782 | 517,645 | 46.632.000     | 116.173.507            |
| Pompa 8                                     | PU-08     | 1      | 207,782 | 517,645 | 46.632.000     | 116.173.507            |
| Pompa 9                                     | PU-09     | 1      | 207,782 | 517,645 | 46.632.000     | 116.173.507            |
| Pompa 10                                    | PU-10     | 1      | 207,782 | 517,645 | 13.024.800     | 32.448.462             |
| Pompa 11                                    | PU-11     | 1      | 207,782 | 517,645 | 11.095.200     | 27.641.283             |
| Pompa 12                                    | PU-12     | 1      | 207,782 | 517,645 | 11.416.800     | 28.442.479             |
| Pompa 13                                    | PU-13     | 1      | 207,782 | 517,645 | 11.577.600     | 28.843.078             |
| Pompa 14                                    | PU-14     | 1      | 207,782 | 517,645 | 3.216.000      | 8.011.966              |
| Pompa 15                                    | PU-15     | 1      | 207,782 | 517,645 | 11.416.800     | 28.442.479             |
| Pompa 16                                    | PU-16     | 1      | 207,782 | 517,645 | 10.452.000     | 26.038.889             |
| Pompa 17                                    | PU-17     | 1      | 207,782 | 517,645 | 10.452.000     | 26.038.889             |
| Pompa 18                                    | PU-18     | 1      | 207,782 | 517,645 | 11.256.000     | 28.041.881             |
| Pompa 19                                    | PU-19     | 1      | 207,782 | 517,645 | 7.879.200      | 19.629.317             |
| <b>TOTAL HARGA ALAT UTILITAS TAHUN 2030</b> |           |        |         |         |                | <b>118.651.883.646</b> |

Dari hasil penaksiran harga alat proses dan alat utilitas tersebut, maka diketahui bahwa total harga alat adalah sebesar Rp. 174.999.977.253,63

## 6.2 Dasar Perhitungan

|                                         |                          |
|-----------------------------------------|--------------------------|
| Kapasitas produk ( $C_{20}H_{32}O_2$ )n | = 70.000 ton/tahun       |
| Satu tahun operasi                      | = 330 hari               |
| Umur alat                               | = 10 tahun               |
| Tahun pabrik didirikan                  | = 2030                   |
| Kurs rupiah tahun 2024                  | = 1 US\$ = Rp. 16.074,00 |

## 6.3 Perhitungan Biaya

Untuk memperhitungkan biaya yang diperlukan dalam mendirikan suatu pabrik, diperlukan beberapa tahapan perhitungan agar pabrik tersebut dapat dikatakan layak secara ekonomis. Beberapa tahapannya antara lain:

### 6.3.1 *Capital Investment*

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

#### a. *Fixed Capital Investment*

*Fixed Capital Investment* merupakan modal yang dibutuhkan untuk mendirikan fasilitas pabrik. Setelah melakukan perhitungan rencana maka pabrik karet alam siklus ini memerlukan physical plant cost, direct plant cost, fixed capital instrument. Hasil perhitungan masing-masing dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

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

| No           | <i>Tipe Capital Investment</i>                                              | Biaya (Rp)                |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1            | Biaya Pemasangan Alat ( <i>Equipment Installation Cost</i> )                | 60.742.492.104,73         |
| 2            | Biaya Instrumentasi dan Kontrol ( <i>Instrumentation and Control Cost</i> ) | 20.247.497.368,24         |
| 3            | Biaya Perpipaan ( <i>Piping Cost</i> )                                      | 30.371.246.052,37         |
| 4            | Biaya Instalasi Listrik ( <i>Electrical Installation</i> )                  | 40.494.994.736,49         |
| 5            | Biaya Bangunan ( <i>Building Including Services</i> )                       | 50.618.743.420,61         |
| 6            | Pengembangan Lahan ( <i>Yard Improvement</i> )                              | 200.450.223.945,62        |
| 7            | <i>Services Facilities</i>                                                  | 161.979.978.945,96        |
| 8            | Tanah ( <i>Land</i> )                                                       | 16.197.997.894,60         |
| <b>Total</b> |                                                                             | <b>581.103.174.468,62</b> |

Tabel 6. 5 *Indirect Cost (DC)*

| No           | <i>Tipe Capital Investment</i>                                                | Biaya (Rp)                |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1            | Biaya Teknik dan <i>Supervisi</i> ( <i>Engineering and Supervision Cost</i> ) | 29.055.158.723,43         |
| 2            | Biaya Konstruksi ( <i>Construction Cost</i> )                                 | 58.110.317.446,86         |
| 3            | Biaya Tak Terduga ( <i>Contingencies</i> )                                    | 37.126.036.146,61         |
| <b>Total</b> |                                                                               | <b>124.291.512.316,90</b> |

***Fixed Capital Investment*** = *Direct Cost + Indirect Cost*

= Rp. 742.520.722.932,12

### b. *Working Capital Investment*

*Working Capital Investment* merupakan biaya yang diperlukan dalam perjalanan usaha agar operasi dapat berjalan sesuai dengan target di waktu tertentu. Biaya ini didapat dari biaya bahan baku untuk kebutuhan produksi dan siklus pribadi, biaya penyimpanan produk sebelum dikirimkan ke konsumen dan biaya pembayaran gaji, jasa, dan material. *Working Capital Investment* bernilai 10 - 20 % dari total *capital investment*. Berikut nilai *Working Capital Investment* dari Pabrik Karet Alam Siklis:

***Working Capital Investment*** = 10 - 20% dari total *capital investment*

$$= \text{Rp. } 185.630.180.733,03$$

Sehingga,

***Total Capital Investment*** = *Fixed capital investment* + *Working capital*

$$= \text{Rp. } 928.150.903.665,15$$

### 6.3.2 *Manufacturing Cost*

*Manufacturing Cost* adalah biaya yang dibutuhkan untuk melakukan produksi suatu produk. *Manufacturing cost* merupakan jumlah dari *Direct Cost*, *Indirect Cost*, *Fixed Cost* yang selalu berkaitan dengan pembuatan suatu produk dalam pabrik, *Manufacturing Cost*, antara lain:

#### a. *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

*Direct Manufacturing Cost* merupakan biaya pengeluaran yang berkaitan langsung dalam pembuatan produk yang berhubungan dengan

memproduksi suatu produk dalam pabrik. Berikut ini termasuk dalam *Direct Production Cost*:

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

| No           | Komponen                                                  | Biaya (Rp)                  |
|--------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 1            | Bahan Baku ( <i>Raw Material</i> )                        | 988.256.628.392,81          |
| 2            | Pekerja Operasi                                           | 164.894.912.292,67          |
| 3            | <i>Direct Supervisory</i>                                 | 16.489.491.229,27           |
| 4            | Utilitas ( <i>Utilities</i> )                             | 16.049.883.116,54           |
| 5            | Perawatan dan Perbaikan ( <i>Maintenance and Repair</i> ) | 14.850.414.458,64           |
| 6            | <i>Operating Supplies</i>                                 | 3.712.603.614,66            |
| 7            | Laboratorium ( <i>Laboratory Charges</i> )                | 32.978.982.458,53           |
| 8            | <i>Patents and Royalties</i>                              | 2.024.749.736,82            |
| <b>Total</b> |                                                           | <b>1.276.383.701.446,55</b> |

**b. *Indirect Manufacturing Cost* (IMC)**

*Indirect Manufacturing Cost* atau biaya tidak langsung adalah biaya-biaya yang tidak ikut terkait langsung oleh unit produksi dalam pabrik. Berikut ini yang termasuk *Indirect Manufacturing Cost*:

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

| No           | Komponen                      | Biaya (Rp)                |
|--------------|-------------------------------|---------------------------|
| 1            | <i>Plant Overhead</i>         | 117.740.890.788,35        |
| 2            | <i>Packaging and Shipping</i> | 37.126.036.146,61         |
| <b>Total</b> |                               | <b>154.886.926.934,95</b> |

**c. Fixed Manufacturing Cost (FMC)**

*Fixed Manufacturing Cost* merupakan biaya pengeluaran yang berhubungan dengan initial *Fixed Capital Investment*. Biaya *Fixed Manufacturing Cost* bersifat tetap dan selalu sama, tidak bergantung waktu dan tingkat produksi. Hal ini karena biaya *Fixed Manufacturing Cost* selalu dikeluarkan baik saat pabrik beroperasi maupun tidak beroperasi. Berikut yang termasuk *Fixed Manufacturing Cost*:

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

| No           | Komponen            | Biaya (Rp)                |
|--------------|---------------------|---------------------------|
| 1            | <i>Depreciation</i> | 75.264.447.161,62         |
| 2            | <i>Insurance</i>    | 2.970.082.891,73          |
| 3            | <i>Local Taxes</i>  | 29.700.828.917,28         |
| <b>Total</b> |                     | <b>107.935.358.970,64</b> |

$$\begin{aligned}
 \text{Total Manufacturing Cost} &= \text{Direct Manufacturing Cost} + \text{Indirect} \\
 &\text{Manufacturing Cost} + \text{Fixed Manufacturing Cost} \\
 &= \text{Rp } 1.462.909.165.322,10
 \end{aligned}$$

**6.3.3 General Expense**

*General Expense* atau disebut pengeluaran umum merupakan pengeluaran yang terdiri dari pengeluaran yang berhubungan dengan fungsi dari perusahaan yang tidak termasuk *manufacturing cost*. Biaya yang harus dikeluarkan untuk kepentingan dalam kelancaran jalannya perusahaan secara keseluruhan. Berikut rincian bagian dari *General Expense*:

**a. Biaya Administrasi (*Administrative Cost*)**

Administrative Cost termasuk gaji eksekutif dan upah karyawan. Umumnya besar administrative cost ini adalah 15% dari biaya total untuk tenaga operasi, *Supervisi* dan perawatan atau 2-6% TPC. Rincian biaya administrasi dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 6. 9 Total *Administrative Cost*

| No           | Komponen                    | Biaya (Rp)            |
|--------------|-----------------------------|-----------------------|
| 1            | Total Gaji Karyawan         | 12.804.000.000        |
| 2            | Peralatan Kantor            | 25.000.000            |
| 3            | <i>Legal, Fee, Auditing</i> | 25.000.000            |
| 4            | Komunikasi                  | 70.000.000            |
| <b>Total</b> |                             | <b>12.924.000.000</b> |

**b. Biaya Pemasaran dan Distribusi (*Distribution and Marketing Cost*)**

Biaya pemasaran dan distribusi tergantung pada barang utama yang dihasilkan, produk lain yang dijual perusahaan, lokasi pabrik, dan kebijakan perusahaan. Dalam industri kimia besarnya biaya ini sekitar 2-20% dari biaya total produksi (*total production cost*).

$$\begin{aligned}
 \text{Distribution and Marketing Cost} &= 2\text{-}20\% \text{ dari biaya total produksi} \\
 &= \text{Rp.32.978.982.458,53}
 \end{aligned}$$

**c. Biaya Riset dan Pengembangan (*Research and Development Cost*)**

Biaya ini termasuk gaji dan upah semua pekerja yang berhubungan langsung dengan tipe pekerjaan tersebut, biaya tetap dan operasi semua

mesin dan peralatan yang terlibat, biaya untuk barang dan persediaan, dan biaya lain-lain. Dalam industri kimia, biaya ini sekitar 2 - 5 % dari biaya total produksi.

***Research and Development Cost*** = 2 - 5 % dari biaya total produksi

**= Rp. 49.468.473.687,80**

#### **d. Finance (*Interest*)**

Bunga dipertimbangkan sebagai kompensasi yang dibayarkan untuk penggunaan modal yang dipinjam. Tingkat bunga tahunan sebesar 0-10% dari modal investasi total (*total capital investment*).

***Interest*** = 0-10% dari *total capital investment*

**= Rp. 27.844.527.109,95**

Tabel 6. 10 *General Expense (GE)*

| No           | Komponen                               | Biaya (Rp)             |
|--------------|----------------------------------------|------------------------|
| 1            | <i>Administrative Cost</i>             | 12.924.000.000         |
| 2            | <i>Distribution and Marketing Cost</i> | 32.978.982.458,53      |
| 3            | <i>Research and Development Cost</i>   | 49.468.473.687,80      |
| 4            | Finance ( <i>Interest</i> )            | 27.844.527.109,95      |
| <b>Total</b> |                                        | <b>123.215.983.256</b> |

**Total Production Cost** = *Total Manufacturing Cost + General Expense*

**= Rp 1.625.275.934.461,82**

#### 6.4 Analisis Risiko Pabrik

| No | Parameter Resiko                                     | Deskripsi                                     | Risk       |
|----|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------|
|    |                                                      |                                               | <i>Low</i> |
| 1  | Kondisi Operasi                                      | Suhu: 30 - 300 °C                             | -          |
|    |                                                      | Tekanan: 1 atm                                | ✓          |
| 2  | <b>Bahan Baku dan Bahan Pendukung yang Digunakan</b> |                                               |            |
| -  | Karet Alam / Lateks                                  | Toksisitas: rendah                            | ✓          |
|    |                                                      | <i>Explosion limits</i> : tidak mudah meledak | ✓          |
|    |                                                      | <i>Flammability</i> : mudah terbakar (2)      | ✓          |
|    |                                                      | Stabilitas: stabil                            | ✓          |
| -  | Surfaktan SLS                                        | Toksisitas: rendah                            | ✓          |
|    |                                                      | <i>Explosion limits</i> : tidak mudah meledak | ✓          |
|    |                                                      | <i>Flammability</i> : Mudah terbakar (3)      | -          |
|    |                                                      | Stabilitas: stabil                            | ✓          |
| -  | Enzim Protease                                       | Toksisitas: rendah                            | ✓          |
|    |                                                      | <i>Explosion limits</i> : tidak mudah meledak | ✓          |

|   |                                     |                                               |   |
|---|-------------------------------------|-----------------------------------------------|---|
|   |                                     | <i>Flammability</i> : tidak mudah terbakar    | ✓ |
|   |                                     | Stabilitas: stabil                            | ✓ |
| - | Asam Format                         | Toksisitas: akut                              | - |
|   |                                     | <i>Explosion limits</i> : tidak mudah meledak | ✓ |
|   |                                     | <i>Flammability</i> : mudah terbakar (2)      | - |
|   |                                     | Stabilitas: stabil                            | ✓ |
| - | Asam Sulfat                         | Toksisitas: akut                              | - |
|   |                                     | <i>Explosion limits</i> : tidak mudah meledak | ✓ |
|   |                                     | <i>Flammability</i> : tidak mudah terbakar    | ✓ |
|   |                                     | Stabilitas: stabil                            | ✓ |
| - | <i>Ammonium Hydroxide 25%</i>       | Toksisitas: akuatik akut                      | - |
|   |                                     | <i>Explosion limits</i> : tidak mudah meledak | ✓ |
|   |                                     | <i>Flammability</i> : tidak mudah terbakar    | ✓ |
|   |                                     | Stabilitas: stabil                            | ✓ |
| 3 | <b>Sifat Produk yang Dihasilkan</b> |                                               |   |

|   |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |
|---|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| - | Karet Alam Siklis | Toksisitas : tidak beracun                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | ✓ |
|   |                   | <i>Explosion limits</i> : tidak mudah meledak                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | ✓ |
|   |                   | <i>Flammability</i> : tidak mudah terbakar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | ✓ |
|   |                   | Stabilitas : Stabil                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | ✓ |
| 4 | Keberadaan Pabrik | Di Indonesia sudah terdapat Pabrik serupa yaitu PT Industri Karet Nusantara (PT IKN), anak perusahaan dari PT Perkebunan Nusantara III yang berlokasi di Kec. Sei Baman, Kab. Serdang Bedagai, Sumatera Utara. Resin Karet Alam Siklis tersebut dijual dengan nama dagang <i>Resiprene-35</i> sebagai bahan baku cat. Karet <i>Resiprene</i> ini di ekspor ke beberapa negara di Eropa seperti Italia dan German. | ✓ |

|   |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |   |
|---|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 5 | Regulasi Pemerintah | Kebijakan pemerintah dalam bidang investasi, pemerintah masih membuka kesempatan investasi bagi industri karet alam siklis di Indonesia. Hal ini dapat dilihat pada Daftar Negatif Investasi (DNI) yang tertuang dalam Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 54 Tahun 1993, bahwa Karet Alam Siklis tidak termasuk mutlak bagi penanam modal, sehingga masih terbuka peluang investasi untuk Penanaman Modal Dalam Negeri (PMDN) maupun Penanaman Modal Asing (PMA) | ✓ |
|---|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|

Dari parameter resiko diatas, dapat disimpulkan bahwa Pabrik Karet Alam Siklis yang akan didirikan memiliki **risiko yang rendah**.

## 6.5 Analisis Kelayakan

Analisa kelayakan digunakan untuk mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak maka dilakukan suatu analisis atau evaluasi kelayakan.

Agar bisa dikategorikan pabrik potensial atau tidak potensial dapat dilihat dari sisi ekonomi, ada beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan, antara lain:

**a. *Sales and Profit***

***Sales (Penjualan)***

Berdasarkan data penjualan dari produk yang serupa, rata-rata penjualan dari Karet Alam siklis adalah sebesar Produk Karet Alam Siklis sebesar Rp 120.000/kg. Sehingga Karet Alam Siklis ini direncanakan akan dijual sebesar 130.000/kg dengan rincian sebagai berikut :

Total Produksi Karet Alam Siklis : 7990, 868 kg/jam

Harga Produk : Rp 30.000 /kg

Pendapatan/tahun : **Rp 1.898.630.141.760**

***Profit (Keuntungan)***

**Keuntungan Sebelum Pajak**

Total penjualan : Rp. 1.898.630.141.760

Total *Production Cost* : Rp. 1.625.275.934.461,82

Keuntungan : Total Penjualan - Total Biaya Produksi  
:Rp. 1.898.630.141.760 – Rp. 1.625.275.934.461,82  
**:Rp. 273.354.207.298**

**Keuntungan Sesudah Pajak**

Pajak 25% : Rp. 68.338.551.825

Keuntungan : Keuntungan sebelum pajak – pajak

: Rp. 273.354.207.298 - Rp. 68.338.551.825

: **Rp. 205.015.655.474**

**b. *Return On Investment (ROI)***

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

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

Keuntungan dihitung berdasarkan penjualan tahunan atau *annual sales* (Sa) dan total *manufacturing cost*. Keuntungan akan dihitung sebagai komponen yang berisi pengembalian hutang selama pembangunan pabrik. Keuntungan akan berkontribusi terhadap *cash flow* dari pabrik. Pabrik dengan resiko yang cenderung rendah memiliki minimum ROI sebelum pajak sebesar 11%, sedangkan pabrik dengan resiko tinggi memiliki minimum ROI sebelum pajak sebesar 44%. Berdasarkan perhitungan didapatkan nilai ROI:

$$\begin{aligned} \text{a. ROI sebelum pajak} &= \frac{\text{Rp. 273.354.207.298}}{\text{Rp.742.520.722.932,12}} \times 100\% \\ &= 36.81\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. ROI setelah pajak} &= \frac{\text{Rp.205.015.655.474}}{\text{Rp.742.520.722.932,12}} \times 100\% \\ &= 27,61\% \end{aligned}$$

Nilai ROI pada *Industri chemicals* dengan resiko rendah (*low risk*) minimal sebesar 11%, Berdasarkan perhitungan pabrik karet alam siklis dengan

kapasitas 70.000 ton/tahun ini memiliki nilai ROI sebelum pajak sebesar 36,81 % dan ROI setelah pajak 27,61 %. Hal ini menunjukkan bahwa pabrik memenuhi persyaratan dan layak untuk didirikan.

**c. *Pay Out Time (POT)***

*Pay Out Time (POT)* merupakan perkiraan jumlah tahun yang diperlukan untuk mengembalikan *Fixed Capital Investment (FCI)* berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Pabrik dengan resiko rendah memiliki nilai POT maksimal 5 tahun, sedangkan pabrik dengan resiko tinggi memiliki nilai POT maksimal 2 tahun. Untuk menghitung POT dengan menggunakan persamaan berikut.

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

$$\begin{aligned} \text{a. POT sebelum pajak} &= \frac{Rp.742.520.722.932,12}{(Rp.273.354.207.298 + 75.264.447.161,62)} \\ &= 2,129 \text{ tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. POT setelah pajak} &= \frac{Rp.742.520.722.932,12}{(Rp.205.015.655.474 + 75.264.447.161,62)} \\ &= 2,649 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Nilai POT pada *Industri chemicals* dengan risiko rendah (*low risk*) maximum sebesar 5 tahun, Berdasarkan perhitungan pabrik karet alam siklis dengan kapasitas 70.000 ton/tahun ini memiliki nilai POT sebelum pajak sebesar 2,129 tahun dan POT setelah pajak 2,649 tahun. Hal ini

menunjukkan bahwa pabrik memenuhi persyaratan dan layak untuk didirikan.

**d. Break Event Point (BEP)**

*Break Even Point* merupakan titik impas, dengan besarnya kapasitas produksi dapat menutupi biaya keseluruhan dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan namun tidak menderita kerugian. Nilai BEP pada umumnya memiliki nilai berkisar 40% hingga 60%. Untuk menghitung nilai BEP, dapat menggunakan persamaan berikut.

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

Dimana:

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi minimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi minimum

Tabel 6. 11 *Annual Fixed Cost* (Fa)

| No           | Komponen            | Biaya (Rp)                |
|--------------|---------------------|---------------------------|
| 1            | <i>Depreciation</i> | 75.264.447.161,62         |
| 2            | <i>Insurance</i>    | 2.970.082.891,73          |
| 3            | <i>Local Taxes</i>  | 29.700.828.917,28         |
| <b>Total</b> |                     | <b>107.935.358.970,64</b> |

Tabel 6. 12 *Annual Variable Cost (Va)*

| No           | Komponen                           | Biaya (Rp)                  |
|--------------|------------------------------------|-----------------------------|
| 1            | Bahan Baku ( <i>Raw Material</i> ) | 988.256.628.392,81          |
| 2            | Utilitas ( <i>Utilities</i> )      | 16.049.883.116,54           |
| 3            | <i>Patents and Royalties</i>       | 2.024.749.736,82            |
| 4            | <i>Packaging and Shipping</i>      | 37.126.036.146,61           |
| <b>Total</b> |                                    | <b>1.043.457.297.392,78</b> |

Tabel 6. 13 *Annual Regulated Expense (Ra)*

| No           | Komponen               | Biaya (Rp)                |
|--------------|------------------------|---------------------------|
| 1            | Gaji Karyawan          | 12.804.000.000            |
| 2            | <i>Supervision</i>     | 16.489.491.229,27         |
| 3            | <i>Plant Overhead</i>  | 117.740.890.788,35        |
| 4            | Laboratorium           | 32.978.982.458,53         |
| 5            | <i>General Expense</i> | 123.215.983.256,29        |
| 6            | <i>Maintenance</i>     | 14.850.414.458,64         |
| 7            | <i>Plant Supplies</i>  | 3.712.603.614,66          |
| 8            | <i>Labor</i>           | 164.894.912.292,67        |
| <b>Total</b> |                        | <b>486.687.278.098,40</b> |

Dari data-data tersebut digunakan untuk menghitung nilai BEP dan dapat didapatkan nilainya yaitu:

$$\text{BEP} = \frac{107.935.358.970,64 + 0,3 \times 486.687.278.098,40}{1.898.630.141.760 - 1.043.457.297.392,78 - 0,7 \times 486.687.278.098,40} \times 100\%$$

$$\text{BEP} = 49,36\%$$

Nilai tersebut menunjukkan bahwa pabrik karet alam siklus dengan kapasitas 70.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

**e. *Shut Down Point (SDP)***

*Shut Down Point (SDP)* merupakan suatu titik dimana pabrik mengalami kerugian sebesar *Fixed Cost* yang menyebabkan pabrik harus tutup. Nilai SDP menjadi suatu titik atau saat penentuan aktivitas produksi pada suatu pabrik. Penyebabnya antara lain *Variable Cost* yang terlalu tinggi atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan keuntungan). Nilai SDP pada umumnya berkisar antara 20% hingga 30%. Untuk menghitung SDP dapat menggunakan persamaan berikut.

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

Berdasarkan perhitungan didapatkan nilainya, yaitu:

$$SDP = \frac{0,3 \times 486.687.278.098,40}{1.898.630.141.760 - 1.043.457.297.392,78 - 0,7 \times 486.687.278.098,40} \times 100\%$$

$$SDP = 28,38\%$$

**f. *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR)***

*Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR)* adalah *interest rate* yang diperoleh saat seluruh modal yang ada digunakan semuanya untuk produksi. DCF dari suatu pabrik dinilai menguntungkan jika melebihi satu setengah

kali bunga pinjaman bank. DCF (i) dapat dihitung dengan metode *Present Value Analysis* dan *Future Value Analysis*.

***Present Value Analysis:***

$$FC + WC = \frac{C}{(1+i)} + \frac{C}{(1+i)^2} + \dots + \frac{C}{(1+i)^n} + \frac{WC}{(1+i)^n} + \frac{SV}{(1+i)^n}$$

***Future Value Analysis:***

$$(FC + WC)(1+i)^n = (WC + SV) + [(1+i)^{n-1} + \dots + 1] \times C$$

**Dimana:**

FCI : *Fixed Capital Investment*

WC : *Working Capital Investment*

SV : *Salvage Value* = Depresiasi

C : *Cash Flow*

: *Profit after taxes + depresiasi + finance*

n : Umur Pabrik

i : nilai DCFR

Sebagai perhitungan digunakan data sebagai berikut :

FCI = Rp. 742.520.722.932,12

WCI = Rp. 185.630.180.733,03

SV = Rp. 75.264.447.161,62

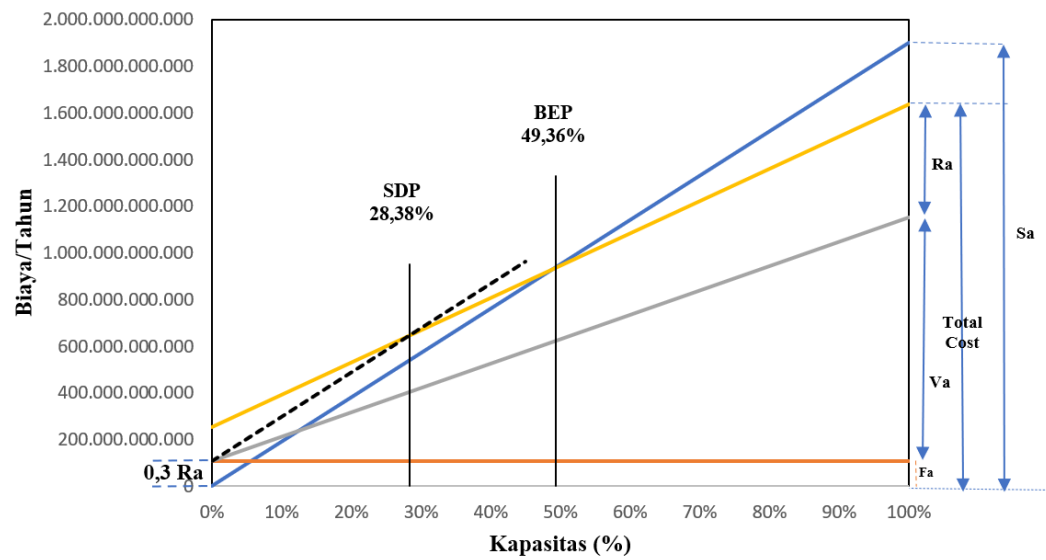
n = 10 tahun

Sehingga diperoleh *trial & error* dapat dihitung nilai DCFR. Diperoleh nilai

DCFR adalah

DCFR (i) = 23%

Dengan beberapa analisa ekonomi didapatkan grafik evaluasi ekonomi sebagai berikut:



Gambar 6. 2 Grafik *Break Even Point* (BEP)

## **BAB VII**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **7.1 Kesimpulan**

Kesimpulan dari pra rancangan pabrik karet alam siklis ini adalah sebagai berikut:

1. Pendirian pabrik karet alam siklis dari lateks dengan kapasitas 70.000 ton/tahun dilakukan untuk memenuhi kebutuhan resin yang dapat digunakan pada industri cat, memenuhi kebutuhan resin dalam negeri, mengurangi ketergantungan terhadap impor, menyediakan lapangan pekerjaan, dan membantu dalam meningkatkan perekonomian negara.
2. Pabrik Karet Alam Siklis dengan kapasitas 70.000 ton/tahun akan dibangun dalam bentuk Perseroan Terbatas (PT) yang beroperasi selama 330 hari dalam setahun dan akan didirikan pada tahun 2030 di Sri Gunung, Kec. Sungai Lilin, Kab. Musi Banyuasin, Sumatera Selatan.
3. Pabrik Karet Alam Siklis dapat ditinjau dari sifat bahan baku, proses produksi, kondisi operasi, dan evaluasi ekonomi pabrik tergolong pabrik dengan risiko rendah (*low risk*)
4. Berdasarkan pada perhitungan evaluasi ekonomi diperoleh hasil sebagai berikut:
  - a. Keuntungan pabrik sebelum pajak sebesar Rp. 273.354.207.298 per tahun dan setelah pajak sebesar Rp. 205.015.655.474 per tahun.
  - b. *Return of Investment* (ROI) sebelum pajak adalah sebesar 36.81% dan setelah pajak sebesar 27,61%. Nilai ROI pada *Industry chemicals* dengan risiko rendah (*low risk*) minimal sebesar 11%, Berdasarkan

perhitungan pabrik karet alam siklis dengan kapasitas 70.000 ton/tahun ini memiliki nilai ROI sebelum pajak sebesar 36.81% dan ROI setelah pajak 27,61%. Hal ini menunjukkan bahwa pabrik memenuhi persyaratan dan layak untuk didirikan.

- b. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak selama 2,129 tahun dan setelah pajak selama 2,649 tahun. Nilai POT pada Industri *chemicals* dengan risiko rendah (*low risk*) maximum sebesar 5 tahun, Berdasarkan perhitungan pabrik karet alam siklis dengan kapasitas 70.000 ton/tahun ini memiliki nilai POT sebelum pajak sebesar 2,129 tahun dan POT setelah pajak 2,649 tahun. Hal ini menunjukkan bahwa pabrik memenuhi persyaratan dan layak untuk didirikan.
- c. *Break Even Point* (BEP) pada pabrik karet alam siklis sebesar 49,36 %. Nilai tersebut menunjukkan bahwa pabrik karet alam siklis dengan kapasitas 70.000 ton/tahun layak untuk didirikan. Nilai tersebut sudah termasuk kedalam syarat BEP dari pabrik kimia antara 40% sampai 60%.
- d. *Shut Down Point* (SDP) untuk nilai SDP didapatkan sebesar 28,38%.
- e. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFRR) dari pabrik karet alam siklis sebesar 23%. Syarat minimum DCFRR adalah diatas suku bunga pinjaman bank yaitu 1,5 x suku bunga pinjaman bank.

## 7.2 Saran

Perancangan suatu pabrik kimia membutuhkan pemahaman konsep dasar agar dapat menjamin kelayakan pabrik untuk didirikan. Berikut ini beberapa saran yang diberikan mengenai Pabrik Karet Alam siklus Kapasitas 70.000 Ton/Tahun :

1. Optimasi pada pemilihan alat proses dan alat pendukung perlu diperhatikan agar pabrik mendapatkan keuntungan optimal yang diperoleh.
2. Pemilihan bahan baku dan bahan pendukung perlu diperhatikan dengan sangat baik agar mendapatkan kualitas produk yang dihasilkan optimal.
3. Perlu dilakukan kontrak dengan supplier bahan baku untuk menjamin pemenuhan kebutuhan bahan baku selama pabrik beroperasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adi Cifriadi. 2008. *Pembuatan Karet Alam Siklo dari Lateks Karet Alam Berbobot Molekul Rendah*. Jakarta, FMIPA UI.
- Aries, R. S., and R. D. Newton. 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. New York: McGraw Hill Book Company.
- Badan Pusat Statistik. 2023. <https://www.bps.go.id>. Diakses pada Desember 2023 pukul 12.00 WIB.
- Brown, G. G. 1973. *Unit Operations*. Modern Asia ed. Tokyo, Japan: Tuttle Company Inc. Brownell, L. E., and E. H. Young. 1979. *Equipment Design*. New Delhi: Wiley Eastern Limited.
- Brownell, L.E., and Young, E.H. 1979. *Process Equipment Design*. John Wiley and sons Inc, New York
- Coulson, J. M., and J. F. Richardson. 1983. *Chemical Equipment Design*, Vol.6. New York: John Wiley and Sons. Inc.
- Eddiyanto, A.N. and Sinaga, A., 2022. Indonesian Journal of Chemical Science and Technology. *Indonesian Journal of Chemical Science and Technology (IJCST-UNIMED)*, 5(2), pp.67-73.
- Eral, M., Sibuea, M.B. and Effendi, I., 2021. *Analisis Rantai Pasok Pabrik Resiprene 35 PT Industri Karet Nusantara*. AGRISAINS: Jurnal Ilmiah Magister Agribisnis, 3(2), pp.73-88.
- Fogler, H. Scott. 2006. *Elements of Chemical Reaction Engineering*. 4th ed. Ann Arbor: University of Michigan.
- Geankoplis, C. J. 1978. *Transport Processes and Unit Operations*, 3rd ed. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall International, inc

- Kementrian PUPR. <https://simpk.pu.go.id/> . Diakses pada Desember 2023 pukul 12.00 WIB.
- Kern, D. Q. 1983. *Process Heat Transfer*. New York: Mc Graw Hill Book Co. Ltd.
- Kusumastuti, C.B. 2007. *Perbandingan Sifat Vulkanisat Dari Beberapa Jenis Karet Siklo*.
- Matche equipment cost. *Matches' Reactor cost - autoclave, fermenter, kettle, mixer settler*. Diakses pada 1 Januari 2024 pukul 12.00 WIB.
- Mc Cabe, W. L. and J. C. Smith. 1976. *Unit Operation of Chemical Engineering*, 3rded. Singapore: Mc Graw Hill, Kogakusha , Ltd.
- Perry, R.H. and D. W. Green. 1997, *Perry's Chemical Engineering Handbooks*, 7thedition, McGraw Hill Book Co., New York.
- Peter, M.S. and Timmerhaus, K.D. 1980. *Plant Design and Economic for Chemical Engineers*. 3rd edition. Mc Graw-Hill Book Company, Tokyo.
- Prastanto, H., 2011. Rancang Bangun Menara Deamoniasi Untuk Perbaikan Mutu Lateks Skim. *Jurnal Penelitian Karet*, pp.142-150.
- Rase, H.F., “*Chemical Reaktor Design for Process Plant vol I and II, Principles and Techniques*”, Willey and Sons, Inc, New York.
- Riyajan, S.A. and Sakdapipanich, J.T., 2009. *Encapsulated neem extract containing Azadiractin-A within hydrolyzed poly (vinyl acetate) for controlling its release and photodegradation stability. Chemical Engineering Journal*, 152(2-3), pp.591-597.
- Smith, J. M., and H. C. Van Ness. 1987. 1957. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, 4th ed. Singapore: McGraw Hill Book Company.

Ullrich, G.D. 1984. "*A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*", John Willey and Sons., Inc, New York, 1984.

Walas, S. M. 1988. *Chemical Process Equipment*. New York : Butterworth Publishers, Reed Publishing Inc,

Yaws, Carl. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. New York : McGraw-Hill.

**LAMPIRAN A**  
**PERANCANGAN REAKTOR**

**Reaktor Siklisasi (R-02)**

Tipe Reaktor : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

Fungsi : Untuk mereaksikan karet alam yang memiliki rantai lurus menjadi rantai siklik (cincin) dengan bantuan katalis asam sulfat.

**Kondisi Operasi**

Tekanan : 1 atm

Suhu : 95°C

Konversi : 90%

**1. Menentukan Volume Reaktor****a. Mencari Densitas Campuran**

| <b>Komponen</b> | <b>F<br/>(kg/jam)</b> | <b>wi</b>       | <b><math>\rho</math><br/>(kg/m<sup>3</sup>)</b> | <b>wi/<math>\rho</math></b> | <b>viskositas<br/>(cp)</b> |
|-----------------|-----------------------|-----------------|-------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Karet           | 7221.427              | 0.000904        | 973.1                                           | 0.0000009289                | 500500                     |
| Resin           | 3.345                 | 0.001           | 973.1                                           | 0.00000102                  | 0.00165                    |
| Air             | 42443.923             | 0.00099         | 998.23                                          | 0.00000099175               | 1                          |
| Surfaktan       | 144.428               | 0.001           | 973.1                                           | 0.00000102                  | 99                         |
| Asam Sulfat     | 5459.398              | 0.00183         | 1840                                            | 0.000000996                 | 26.7                       |
| Hidrogen        | 0                     | 0.000089        | 89.9                                            | 0.000000989                 | 0                          |
| Siklo           | 0                     | 0.000904        | 973.1                                           | 0.000000928                 | 500500                     |
| <b>TOTAL</b>    | <b>55272.523</b>      | <b>0.006721</b> | <b>6820.53</b>                                  | <b>0.00000689</b>           | <b>1001126.702</b>         |

$$\rho \text{ campuran} = \frac{\sum w_i}{\frac{\sum w_i}{\rho}}$$

$$\rho \text{ campuran} = \frac{0,006721}{0,00000689}$$

$$\rho \text{ campuran} = 975,223 \text{ kg/m}^3$$

**b. Mencari Laju Alir Volumetrik**

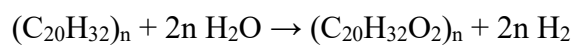
$$V_o = \frac{F_{total}}{\rho \text{ campuran}}$$

$$V_o = \frac{55272,523}{975,223}$$

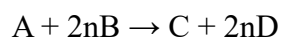
$$V_o = 56,676 \text{ m}^3/\text{jam}$$

**c. Mencari  $C_{A0}$**

Reaksi Siklisasi



Nilai n = 9000



|          | A       | 2nB      | C      | 2nD    |
|----------|---------|----------|--------|--------|
| <b>m</b> | 0,0029  | 2357,995 | 0      | 0      |
| <b>r</b> | 0,0026  | 47,788   | 0,0026 | 47,788 |
| <b>s</b> | 0,00029 | 2310,206 | 0,0026 | 47,788 |

Nilai  $C_{A0}$

$$C_{A0} = 2,9746 \text{ kmol/m}^3$$

$C_{A0}$  diperoleh dari hasil perhitungan kinetika reaksi siklisasi

**d. Menentukan Persamaan Laju Reaksi****-Nilai Konstanta Laju Reaksi (k)**

Dari hasil perhitungan kinetika didapatkan hasil nilai k menggunakan order

2 sebesar  $0,000834 \text{ m}^3/\text{mol}.\text{menit}$  atau  $0,05 \text{ m}^3/\text{mol}.\text{jam}$

$$C_A = C_{A0} (1 - X_A)$$

$$C_A = 2,9746 (1 - 0,9)$$

$$C_A = 0,297 \text{ kmol/m}^3$$

**Nilai Laju Reaksi (-r<sub>A</sub>)**

$$-r_A = k.C_A^2$$

$$-r_A = 0,00443$$

**e. Menentukan Volume Reaktor**

$$\begin{aligned} \text{Volume (V)} &= \frac{F_{A0} \cdot X_A}{-r_A} \\ &= \frac{2,838 \cdot 0,9}{0,00443} \\ &= 576,483 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dari nilai volume tersebut, maka dari itu perlu dilakukan optimasi reaktor.

$$\begin{aligned} \text{Waktu Tinggal (t)} &= \frac{576,483}{56,676} \\ &= 10,17 \text{ jam} \end{aligned}$$

**f. Optimasi Reaktor****Diketahui**

$$\text{Konversi (x)} = 0,9$$

|                       |                          |
|-----------------------|--------------------------|
| Kinetika reaksi (k)   | = 0,050 jam              |
| Volume reaktor (V)    | = 576,483 m <sup>3</sup> |
| Waktu tinggal         | = 179,699 jam            |
| Total umpan masuk (F) | = 55272,523 kg/jam       |

| OPTIMASI 1     |                        |
|----------------|------------------------|
| Jumlah Reaktor | 1                      |
| X <sub>1</sub> | 0,9                    |
| Volume Reaktor | 576,483 m <sup>3</sup> |

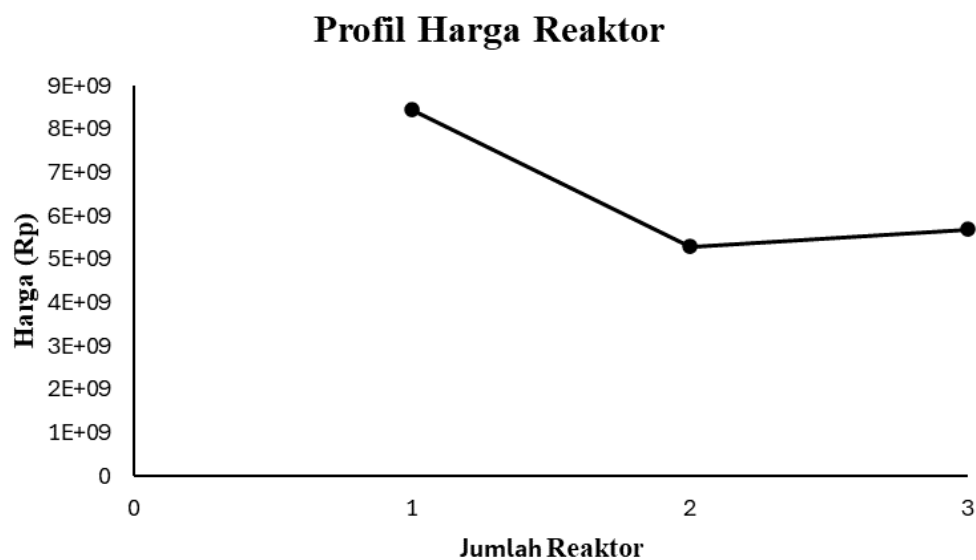
| OPTIMASI 2       |                        |
|------------------|------------------------|
| Jumlah Reaktor   | 2                      |
| X <sub>1</sub>   | 0,66                   |
| X <sub>2</sub>   | 0,90                   |
| Volume 2 Reaktor | 129,180 m <sup>3</sup> |

| OPTIMASI 3       |                        |
|------------------|------------------------|
| Jumlah Reaktor   | 3                      |
| X <sub>1</sub>   | 0,2                    |
| X <sub>2</sub>   | 0,6                    |
| X <sub>3</sub>   | 0,9                    |
| Volume 3 Reaktor | 102,888 m <sup>3</sup> |

Untuk mengetahui jumlah reaktor, dilakukan optimasi dengan menggunakan data harga reaktor dengan jenis reaktor yang dipilih adalah Reaktor Tangki Alir Berpengaduk (RATB) dari bahan *Stainless Steel SA-285 grade C*. Alasan memilih bahan reaktor *Stainless Steel SA-285 grade*

C yaitu tahan terhadap korosi, memiliki tekanan maksimum yang cukup besar, dan harga relatif murah.

| Jumlah Reaktor | V 1 Reaktor (m3) | Volume Total | Harga 1 Reaktor (Rp) | Harga Total (Rp) |
|----------------|------------------|--------------|----------------------|------------------|
| 1              | 576,483          | 576,483      | 8.445.070.380        | 8.445.070.380    |
| 2              | 64,590           | 129,180      | 2.647.313.265        | 5.294.626.530    |
| 3              | 34,296           | 102,888      | 1.893.401.080        | 5.680.203.240    |



Gambar. Hubungan Antara Jumlah Reaktor dan Harga Reaktor

Berdasarkan optimasi yang telah dilakukan, maka jumlah reaktor yang paling optimum adalah sebanyak **2 reaktor**.

## 2. Perancangan Reaktor

### a. Dimensi Reaktor

Flowrate yang masuk pada reaktor siklasi sebesar 55272.523 kg/jam, sehingga volume yang dibutuhkan adalah 64,590 m<sup>3</sup>.

### Diameter Reaktor

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter} &= \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}} \\
 &= \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 64,590 \text{ m}^3}{3,14}} \\
 &= 4,349 \text{ m}^2 \\
 &= 171,237 \text{ in}
 \end{aligned}$$

### Tinggi Reaktor

Perbandingan diameter dan tinggi reaktor yang optimum 1:1 (D:H = 1:1) (*Brownell*, hal : 43).

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{\pi}{4} D^2 H \\
 \text{Tinggi} &= 4,349 \text{ m}^2 \\
 &= 171,237 \text{ in}
 \end{aligned}$$

### b. Tebal Dinding Reaktor

Perhitungan dinding reaktor didasarkan pada persamaan 13.1 (*Brownell and Young*, 1959)

$$ts = \frac{P \cdot r}{(f \cdot E - 0,6 P)} + C$$

**Keterangan**

ts : Tebal *Shell*

P : Tekanan

r : Jari-jari

E : Efisiensi pengelasan

C : Faktor koreksi

f : Tegangan yang diijinkan

$$ts = \frac{20,72 \cdot 85,618}{(12665 \cdot 0,8 - 0,6 \cdot 20,72)} + 0,125$$

$$ts = 0,300 \text{ in}$$

Sehingga nilai ts standar yang mendekati berdasarkan Tabel 5.7 (*Brownell and Young*, 1959) adalah 0,3125 in.

Nilai OD (*Outside Diameter*) dapat dihitung dengan persamaan :

$$OD \text{ Shell} = ID + 2ts$$

$$OD \text{ Shell} = 171,237 + (2 \cdot 0,3125)$$

$$OD \text{ Shell} = 171,862$$

Sehingga nilai OD Standar yang mendekati berdasarkan Tabel 5.7 (*Brownell and Young*, 1959) adalah 180 in serta dari tabel dapatkan nilai :

$$icr = 11 \text{ in}$$

$$r = 170 \text{ in}$$

**Nilai ID (Di) dapat dicari dengan persamaan :**

$$ID (Di) = OD - 2ts$$

$$ID (Di) = 180 - (2 \cdot 0,3125)$$

$$ID (Di) = 179,375 \text{ in}$$

**Nilai tinggi *Shell* ( *H Shell* )**

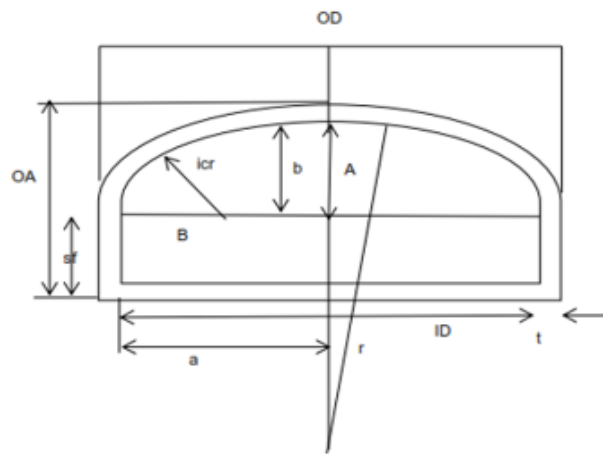
$$H \text{ Shell} = 2D$$

$$H \text{ Shell} = 2 \cdot 179,375$$

$$H \text{ Shell} = 358,75 \text{ in}$$

**c. *Head* Reaktor**

*Head* yang dipilih berbentuk *flanged and dished head (Torispherical)* karena digunakan untuk tekanan operasi hingga 15 bar dan memiliki harga yang relatif murah.



Gambar. *Flanged and Dished Head (Torispherical)*

**Tinggi *Head* :**

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

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

$$W = 1,73$$

$$th = \frac{P \cdot r_c \cdot W}{(2 f \cdot E - 0,2 P)} + C$$

$$th = \frac{20,723 \text{ psia} \cdot 170 \text{ in} \cdot 1,732}{(2 \cdot 12650 \frac{lb}{in^2} (psi) \cdot 0,8 - 0,2 \cdot 20,723 \text{ psia})} + 0,125 \text{ in}$$

$$th = 0,426 \text{ in}$$

Dari buku *Brownell and Young* (1959), dipilih tebal *head* standar dan sf.

$$th \text{ standar} = 7/16 \text{ (0,1875 in), (Tabel 5.6).}$$

$$sf = 2,5 \text{ in}$$

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

$$ID = OD - 2 \text{ th}$$

$$= 180 \text{ ft} - 2 \cdot 0,437$$

$$= 179,125 \text{ in}$$

$$= 4,549 \text{ m}$$

$$a = \frac{ID}{2}$$

$$= \frac{179,125 \text{ in}}{2}$$

$$= 89,562 \text{ in}$$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{AB} &= \mathbf{a - icr} \\
 &= 89,562 \text{ in} - 11 \text{ in} \\
 &= 78,562 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{BC} &= \mathbf{r - icr} \\
 &= 170 \text{ in} - 11 \text{ in} \\
 &= 159 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{AC} &= \mathbf{BC^2 - AB^2} \\
 &= 159^2 \text{ in} - 78,562^2 \text{ in} \\
 &= 138,235 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{b} &= \mathbf{r - AC} \\
 &= 170 \text{ in} - 138,235 \text{ in} \\
 &= 31,764 \text{ in} \\
 &= 0,806 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{AO (tinggi head)} &= \mathbf{sf + b + th} \\
 &= 2,5 \text{ in} + 31,764 \text{ in} + 0,426 \\
 &= 34,702 \text{ in} \\
 &= 0,881 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\mathbf{Volume head total (V head) = V head (Vh) + V flange (Vsf)}$$

Volume *head* untuk *Torispherical dished head* adalah:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{Vh} &= 0,000049 \cdot \mathbf{ID^3} \\
 &= 0,000049 \cdot 179,15^3 \text{ in} \\
 &= 281,620 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

$$= 7,153 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \mathbf{V_{sf}} &= \frac{\pi}{4} \mathbf{ID^2 sf} \\ &= \frac{3,14}{4} \cdot 4,549^2 \text{ m} \cdot 0,0635 \text{ m} \\ &= 1,031 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Sehingga volume *head* total adalah:

$$\begin{aligned} \mathbf{V_{head}} &= \mathbf{V_h + V_{sf}} \\ &= 7,153 \text{ m}^3 + 1,031 \text{ m}^3 \\ &= 8,185 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

**Luas Permukaan Cairan (At):**

$$\begin{aligned} \mathbf{At} &= \frac{\pi}{4} \mathbf{DI^2} \\ &= \frac{3,14}{4} \cdot 4,556^2 \text{ m} \\ &= 16,295 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{V_{cairan \text{ dalam } Shell}} &= \mathbf{V_{cairan} - V_{head}} \\ &= 64,590 \text{ m}^3 - 8,185 \text{ m}^3 \\ &= 56,405 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

**Tinggi cairan dalam *Shell***

$$\begin{aligned} \mathbf{Tinggi \text{ Shell (hs)}} &= \frac{\mathbf{V_{Cairan \text{ dalam } Shell}}}{\mathbf{At}} \\ &= \frac{56,405 \text{ m}^3}{16,295 \text{ m}^2} \\ &= 3,461 \text{ m} \\ &= 136,277 \text{ in} \end{aligned}$$

**Tinggi Total Reaktor**

$$\begin{aligned}
 \text{h total reaktor} &= \text{tinggi } \textit{Shell} + (2 \times \text{tinggi } \textit{head}) \\
 &= 3,461 \text{ m} + (2 \times 0,881 \text{ m}) \\
 &= 10,875 \text{ m} \\
 &= 428,154 \text{ in}
 \end{aligned}$$

#### d. Luas Permukaan Reaktor

Karena tebal *head* yang didapatkan  $<1$ , maka diameternya dapat menggunakan persamaan 5.12 (*Brownell and Young, 1959*)

$$\text{Diameter} = \text{OD} + \frac{\text{OD}}{42} + 2\text{sf} + \frac{2}{3} \text{icr}$$

$$\text{Diameter} = 180 + \frac{180}{42} + 2 \cdot 2,5 + \frac{2}{3} \cdot 11$$

$$\text{Diameter} = 196,619 \text{ in}$$

Luas permukaan reaktor didapatkan dengan rumus :

$$A_{\text{total}} = \pi D H + 2 \cdot \frac{\pi}{4} D e^2$$

$$A_{\text{total}} = 3,14 \cdot 179,375 \cdot 358,75 + 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 196,619^2$$

$$A_{\text{total}} = 262.756,161 \text{ in}^2$$

$$A_{\text{total}} = 169.477 \text{ m}^2$$

#### e. Spesifikasi Pengaduk

##### Jumlah Pengaduk

Didapatkan data viskositas campuran adalah sebesar 65394,640 Cp.

Menurut buku walas, 1998 nilai  $h/DT$  untuk viskositas  $> 25000$  Cp maka :

$$\text{Tinggi larutan dalam } \textit{Shell} = 3,461 \text{ m}$$

$$Dt = 4,549 \text{ m}$$

$$\text{Maksimum level} = \frac{3,461 \text{ m}}{4,549 \text{ m}} = 0,76$$

Dalam menentukan jumlah pengaduk, menurut buku walas didasarkan pada persamaan berikut ini :

$$\text{WELH} = \text{ZI} \cdot \text{Sg}$$

$$\text{Jumlah Pengaduk} = \frac{\text{WELH}}{\text{ID}}$$

**Keterangan :**

WELH : *Water Equivalent Liquid Height* (in)

ZI : Tinggi cairan dalam reaktor (in)

Sg : *Specific Head*

Sehingga :

$$\text{Sg} = \frac{\rho_{\text{campuran}}}{\rho_{\text{air}}}$$

$$\text{Sg} = \frac{975,223 \text{ kg/m}^3}{998,23 \text{ kg/m}^3} = 0,976$$

$$\text{WELH} = 3,461 \text{ m} \cdot 0,976$$

$$\text{WELH} = 3,381 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah pengaduk} = \frac{3,381}{4,556} = 0,742$$

Sehingga disimpulkan, jumlah pengaduk yang dibutuhkan sebanyak 1 buah.

### **Kecepatan Pengadukan**

Rumus kecepatan pengadukan ( Rase, 1977), sebagai berikut:

$$N = \frac{600}{\pi \cdot Di} \sqrt{\frac{WELH}{2 \cdot Di}}$$

$$N = \frac{600}{3,14 \cdot 1,516 \text{ ft}} \sqrt{\frac{3,381 \text{ m}}{2 \cdot 1,516 \text{ m}}}$$

$$= 40,712 \text{ rpm}$$

$$= 0,678 \text{ rps}$$

Menurut Buku Walas, kecepatan putaran pengadukan standar yang mendekati hasil perhitungan adalah 45 rpm (0,763 rps). Maka, jenis motor yang dipakai adalah *Fixed Speed Belt (single reduction gear with V belt)*. Keuntungan memakai motor jenis ini adalah harganya murah dan mudah diganti jika ada bagian yang rusak.

#### Nilai Reynold

$$Re = \frac{\rho \cdot N \cdot Di^2}{\mu}$$

$$Re = \frac{60,883 \frac{lb}{ft^3} \cdot 0,75 \text{ rps} \cdot 14,927^2 \text{ ft}}{43,945 \frac{lb}{ft} \cdot s}$$

$$Re = 231,546$$

#### Power Number (Np)

Berdasarkan Fig 477, GG Brown, dengan nilai Reynold 202,769 didapatkan *Power Number* (Np) sebesar 5,8, maka nilai power dapat dihitung sebagai berikut :

$$P = \frac{N^3 Di^2 \rho Np}{550 \text{ gc}}$$

Diketahui nilai :

N : 0,75 rps

Di : 14,927 ft

: 60,883 lb/ft<sup>3</sup>

Np : 5,8

gc : 32,2 ft.lbm/s<sup>2</sup>.lbf

$$P = \frac{3,167^3 \cdot 13,969^2 \cdot 60,883 \cdot 5,8}{550 \cdot 32,2}$$

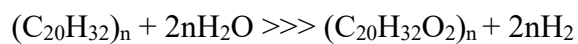
$$P = 1,874 \text{ Hp}$$

Menurut Fig 15-12 (*Rase and barrow, 1957*) didapatkan nilai efisiensi sebesar 70 % .

#### f. Perancangan Pendingin

##### Nilai Panas Reaksi ( $\Delta H_r$ )

Reaksi Siklisasi :



Reaksi siklisasi berlangsung secara Eksotermis.

$$(\Delta H_r) = - 862 \text{ kJ/mol}$$

$$Q_r = Q_p = U \cdot A \cdot \Delta T$$

Diketahui :

U : 40 btu/hr. ft<sup>2</sup>.F

T1 : 95 °C

T2 : 30 °C

Maka dapat dihitung nilai A sebagai berikut :

$$A = \frac{862}{40 \cdot (95 - 30)}$$

$$A = 0,18419 \text{ ft}^2$$

nilai A kurang dari A maximal, sehingga dipakai pendingin jenis jaket.

- **Kondisi Operasi Jaket Pendingin**

Reaksi siklisasi yang berlangsung pada reaktor ini berlangsung secara eksotermis, sehingga dibutuhkan pendingin agar reaksi berjalan pada suhu reaksi berikut ini:

$$\text{Fluida panas masuk (T1)} = 95^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Fluida panas keluar (T2)} = 30^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Media pendingin masuk (t}_1\text{)} = 30^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Media pendingin keluar (t}_2\text{)} = 40^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Nilai } \Delta H = t_2 - t_1$$

$$= 10^{\circ}\text{C}$$

$$\text{T rata-rata} = \frac{30 + 40}{2}$$

$$= 35^{\circ}\text{C}$$

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

$$= 16,17 \text{ psi}$$

- **Dimensi Jaket Pendingin**

$$\text{Tinggi jaket} = h \text{ cairan} + 20\% h \text{ cairan}$$

Diketahui :

$$h \text{ cairan} = 3,461$$

$$h_{\text{jaket}} = 3,461 + (20\% \cdot 3,461)$$

$$h_{\text{jaket}} = 4,153 \text{ m}$$

$$\text{Diameter dalam jaket (Di)} = \text{Di tangki} + 2t_s$$

Diketahui :

$$\text{Di tangki} : 4,556 \text{ m}$$

$$t_s : 0,00793 \text{ m}$$

$$\text{Di} = 4,556 + (2 \cdot 0,00793)$$

$$\text{Di} = 4,572 \text{ m}$$

$$\text{Di} = 14,996 \text{ ft}$$

$$\text{Diameter luar jaket (Do)} = \text{Di jaket} + 2 \times \text{jarak jaket}$$

Asumsi jarak jaket = 2 in atau 0,0508 m

$$\text{Do} = 4,572 + (2 \cdot 0,0508)$$

$$\text{Do} = 4,6736 \text{ m}$$

### Tebal Jaket

$$t_j = \frac{P \cdot r}{(f \cdot E - 0,6P)} + C$$

Diketahui :

$$P : 16,17 \text{ psi}$$

$$r : 83,978 \text{ in}$$

$$f : 12650 \text{ psi}$$

$$E : 0,8$$

$$C : 0,125 \text{ in}$$

$$t_j = \frac{16,17 \cdot 83,978}{(12650 \cdot 0,8 - 0,6 \cdot 16,17)} + 0,125$$

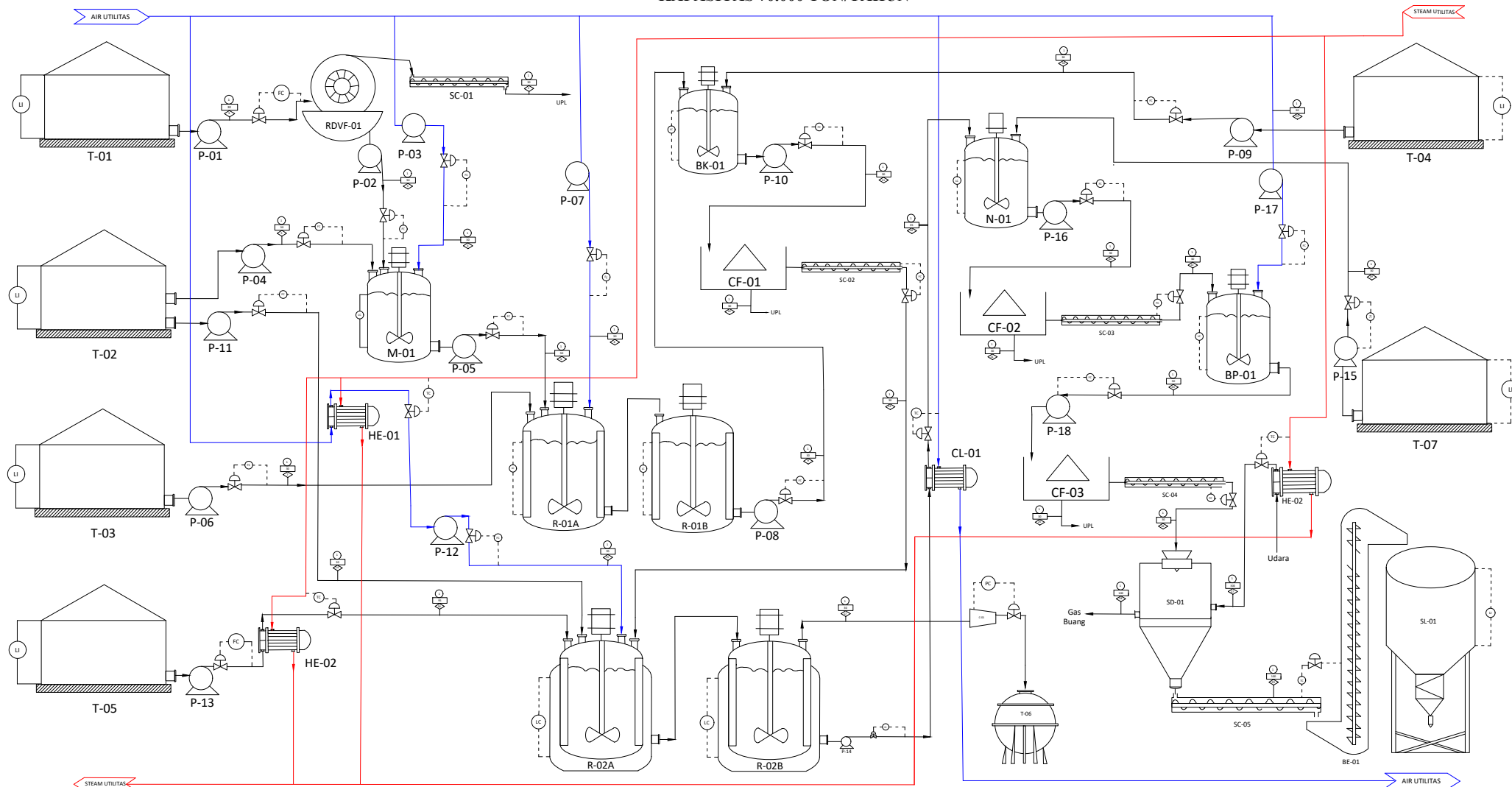
$t_j = 0,268 \text{ in}$

$t_j \text{ standar} = 0,3125 \text{ atau } 5/16$

## **LAMPIRAN B**

### ***PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM (PEFD)***

**PROCESS ENGINEER FLOW DIAGRAM**  
**PRA RANCANGAN PABRIK KARET ALAM SIKLIS DARI LATEKS**  
**KAPASITAS 70.000 TON/TAHUN**



| Company             | Number Area (sq/ft) |         |           |           |   |           |   |   |           |    |           |    |           |    |           |    |           |           |    |           |    |           |    |           |    |           |    |           |          |           |
|---------------------|---------------------|---------|-----------|-----------|---|-----------|---|---|-----------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|-----------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|----------|-----------|
|                     | 1                   | 2       | 3         | 4         | 5 | 6         | 7 | 8 | 9         | 10 | 11        | 12 | 13        | 14 | 15        | 16 | 17        | 18        | 19 | 20        | 21 | 22        | 23 | 24        | 25 | 26        | 27 | 28        | 29       |           |
| East Asia           | 7221,427            | -       | 7221,427  | -         | - | 7221,427  | - | - | 7221,427  | -  | 7221,427  | -  | 7221,427  | -  | -         | -  | -         | 7221,427  | -  | 7221,427  | -  | 7221,427  | -  | 7221,427  | -  | -         | -  | -         | 7221,427 |           |
| East                | 334,513             | -       | 334,513   | -         | - | 334,513   | - | - | 334,513   | -  | 334,513   | -  | 3,345     | -  | -         | -  | -         | 3,345     | -  | 3,345     | -  | 3,345     | -  | 3,345     | -  | -         | -  | -         | 3,345    |           |
| Europe              | 411,552             | -       | 411,552   | -         | - | -         | - | - | 411,552   | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 0,000     | -  | 0,000     | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 0,000    |           |
| Asia/Pacific Region | 141,819             | 141,819 | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 0,000     | -  | 0,000     | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 0,000    |           |
| Gulf                | 68,930              | -       | 68,930    | -         | - | 68,930    | - | - | 68,930    | -  | 68,930    | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 68,930    | -  | 68,930    | -  | 68,930    | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 68,930   |           |
| Lat                 | 1,389,131           | -       | 1,389,131 | 1,389,131 | - | 1,389,131 | - | - | 1,389,131 | -  | 1,389,131 | -  | 1,389,131 | -  | 1,389,131 | -  | 1,389,131 | 1,389,131 | -  | 1,389,131 | -  | 1,389,131 | -  | 1,389,131 | -  | 1,389,131 | -  | 1,389,131 | -        | 1,389,131 |
| Asia                | -                   | -       | 144,629   | -         | - | 144,629   | - | - | -         | -  | 144,629   | -  | 144,629   | -  | 144,629   | -  | -         | 144,629   | -  | 144,629   | -  | 144,629   | -  | 144,629   | -  | 144,629   | -  | 144,629   | -        | 144,629   |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | 41,529    | -  | 41,529    | -  | 41,529    | -  | -         | -  | -         | 41,529    | -  | 41,529    | -  | 41,529    | -  | 41,529    | -  | 41,529    | -  | 41,529    | -        | 41,529    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | -         | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -        | -         |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -        | 14,445    |
| Asia/Pacific        | -                   | -       | -         | -         | - | -         | - | - | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | -  | -         | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  | 14,445    | -  |           |    |           |          |           |

| Simbol | Keterangan                     |
|--------|--------------------------------|
| T      | Temperatur                     |
| P      | Pressure                       |
| REVISI | Revisi (Revisi Diagram/Faktor) |
| M      | Meter                          |
| R      | Resistor                       |
| RIK    | Rak Klem/Kawat                 |
| CP     | Control Panel                  |
| HR     | Heater                         |
| CL     | Control                        |
| S      | Sensor                         |
| BP     | Bak. Pemecahan                 |
| C      | Capacitor                      |
| IC     | Integritas Cincin              |
| HD     | Headline Diagram               |
| SD     | Spesifikasi Diagram            |
| SL     | Salin                          |

| Simbol | Keterangan             |
|--------|------------------------|
|        | Normal Axis            |
|        | Akshes (X,Y)           |
|        | Normal (axis)          |
|        | Central Axis           |
|        | Joint Controller       |
|        | Local Controller       |
|        | Temperature Controller |
|        | Pressure Controller    |
|        | Pipeline               |

|                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                         | <p style="text-align: center;">JURUSAN TEKNIK KIMIA<br/>FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI<br/>UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA<br/>YOGYAKARTA</p> |
| <p style="text-align: center;"><i>PROCESS ENGINEER FLOW DIAGRAM</i><br/><b>PRA RANCANGAN PABRIK KARE T ALAM SKIKIS DARI LATEKS</b><br/><b>KAPASITAS 70.000 TON/TAHUN</b></p> |                                                                                                                                        |
| <p><b>Dibuat Oleh :</b><br/>Sifa Amelia Rahayu (20521092)<br/>Putri Dwi Setyaningsih (20521189)</p>                                                                          |                                                                                                                                        |
| <p><b>Dosen Pembimbing :</b><br/>Dr. Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng.</p>                                                                                                    |                                                                                                                                        |

**LAMPIRAN C**  
**KARTU KONSULTASI BIMBINGAN**

## KARTU KONSULTASI BIMBINGAN

Nama Mahasiswa : Sifa Amelia Rahayu

NIM : 20521092

Nama Mahasiswa : Putri Dwi Setyaningsih

NIM : 20521189

Judul Prarancangan : Pra Rancangan Pabrik Karet Alam Siklis dari Lateks  
Kapasitas 70.000 Ton/Tahun

Mulai Masa Bimbingan : 14 September 2023

Batas Akhir : 13 September 2024

Nama Dosen Pembimbing : Dr. Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng.

| No | Tanggal                             | Materi Bimbingan                                                                                            | Paraf Dosen                                                                           |
|----|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 20 Oktober 2023 - 2 November 2023   | Luaran 1: Penentuan kapasitas pra rancangan pabrik                                                          |  |
| 2  | 7 Desember 2023 - 13 Desember 2023  | Luaran 2: Pemilihan proses disertai dengan tinjauan pustaka                                                 |  |
| 3  | 16 Desember 2023 - 20 Desember 2023 | Luaran 3: Penentuan spesifikasi bahan-bahan yang terlibat dan analisis resiko proses berdasarkan MSDS bahan |  |
| 4  | 25 Januari 2024 - 26 Januari 2024   | Luaran 4: Pembuatan diagram alir proses kualitatif disertai                                                 |                                                                                       |

|    |                                   |                                                                                    |                                                                                       |
|----|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                   | dengan alasan pemilihan alat yang logis.                                           |    |
| 5  | 26 Januari 2024 - 31 Januari 2024 | Luaran 5: Perhitungan neraca massa                                                 |    |
| 6  | 26 Februari 2024 - 6 Maret 2024   | Luaran 6: Perancangan reaktor                                                      |    |
| 7  | 22 Maret 2024 - 22 Maret 2024     | Luaran 7: Perancangan alat pemisah dan unit operasi pendukung                      |    |
| 8  | 23 Mei 2024 - 28 Mei 2024         | Luaran 8: Pembuatan <i>Process Engineering Flow Diagram</i> (PEFD)                 |    |
| 9  | 31 Mei 2024 - 31 Mei 2024         | Luaran 9: Perancangan alat penyimpanan bahan                                       |   |
| 10 | 31 Mei 2024 - 31 Mei 2024         | Luaran 10: Perancangan alat transportasi bahan                                     |  |
| 11 | 31 Mei 2024 - 31 Mei 2024         | Luaran 11: Perancangan alat penukar panas                                          |  |
| 12 | 31 Mei 2024 - 4 Juni 2024         | Luaran 12: Perhitungan neraca panas                                                |  |
| 13 | 6 Juni 2024 - 13 Juni 2024        | Luaran 13: Penentuan lokasi, tata letak pabrik, dan struktur organisasi perusahaan |  |
| 14 | 13 Juni 2024 - 13 Juni 2024       | Luaran 14: Perancangan unit utilitas                                               |  |
| 15 | 13 Juni 2024 - 13 Juni 2024       | Luaran 15: Perhitungan evaluasi ekonomi                                            |  |