

**PRARANCANGAN PABRIK NOVOLAK RESIN DARI  
FENOL DAN FORMALDEHID DENGAN KAPASITAS  
15.000 Ton/Tahun**

**PRARANCANGAN PABRIK**

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat**

**Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia**



**Oleh :**

**Nama : Alfiah Rizki Utami**

**No. Mahasiswa : 18521201**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**YOGYAKARTA**

**2025**

## **LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL**

### **PRARANCANGAN PABRIK NOVOLAK RESIN DARI FENOL DAN FORMALDEHID DENGAN KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN**

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

**Nama : Alfiah Rizki Utami**

**NIM : 18521201**

**Yogyakarta, 12 Agustus 2025**

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



**Alfiah Rizki Utami**

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING  
PRARANCANGAN PABRIK NOVOLAK RESIN DARI  
FENOL DAN FORMALDEHID DENGAN KAPASITAS  
15.000 TON/TAHUN**

**PRARANCANGAN PABRIK**

**Oleh :**

**Nama : Alfiah Rizki Utami**

**No. Mahasiswa : 18521201**

**Yogyakarta, 13 Agustus 2025**

**Dosen Pembimbing,**



**Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T  
NIK. 155211305**

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

### PRARANCANGAN PABRIK NOVOLAK RESIN DARI FENOL DAN FORMALDEHID DENGAN KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN

#### PRARANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Alfiah Rizki Utami

NIM : 18521201

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh Gelas Sarjana Teknik Kimia

Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 26 Agustus 2025

Tim Penguji,

Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T.

Ketua Penguji

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

Penguji I

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

Penguji II

27 Agustus 2025

27/08/2025

27/8/25

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



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

## PRAKATA

*Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh. Alhamdulillahilalamin,*

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena dengan rahmat, karunia, serta taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan seluruh rangkaian pelaksanaan tugas akhir “**Prarancangan Pabrik Novolak Resin dari Fenol dan Formaldehid dengan Kapasitas 15.000 Ton/Tahun**” ini yang dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Kimia pada Program Studi Teknik Kimia, Universitas Islam Indonesia.

Shalawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW, tercurahkan pula kepada keluarga, sahabat dan para thabi’in dan semoga kelak kita semua selaku umat-Nya mendapat syafaatNya.

Dalam penulisan laporan Prarancangan Pabrik Kimia ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Kedua Orang Tua kami, Bapak Zulkarnain Udiar dan Mama Sri Ulfa yang telah begitu sabar dan tanpa henti memberikan banyak do’a, motivasi serta dukungan dalam melaksanakan Laporan Prarancangan Pabrik Kimia ini maupun dalam penyelesaian Laporan Prarancangan Pabrik Kimia ini.

2. Ibu Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S. T., M. T. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan Prarancangan Pabrik Kimia ini.
3. Ibu Ifa Puspasari, S. T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Inonesia.
4. Ibu Dr. Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng selaku Dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam melakukan penelitian
5. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan yang telah banyak membantu terjalannya Laporan Prarancangan Pabrik Kimia ini.

Dalam penyusunan Laporan Prarancangan Pabrik Kimia ini disusun dengan sebaik-baiknya namun penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dan keterbatasan, oleh karena itu penulis memohon maaf atas ketidaksempurnaan ini karena kesempurnaan hanyalah milik Allah SWT. Penulis berharap semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat dimanfaatkan dan dapat memberikan sumbangsih pemikiran untuk perkembangan pengetahuan bagi penulis maupun pihak yang berkepentingan.

*Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Yogyakarta, 28 Juli 2025

Penulis

## LEMBAR PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji bagi Allah SWT atas limpahan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Tugas akhir ini penulis persembahkan untuk:

1. Cinta pertamaku, Ayahanda tercinta Zulkarnain Udiar. Laki-laki hebat yang selalu menjadi penyemangat dengan memberikan motivasi, mendoakan, memberi nasihat walau terkadang pikiran kita tidak sejalan. Terima kasih, telah memberi dukungan penuh sehingga penulis dapat menyelesaikan studinya sampai sarjana.
2. Pintu surgaku, Ibunda tercinta Sri Ulfa. Perempuan hebat yang tidak pernah lelah untuk menyemangati penulis, mendengarkan keluh kesah serta tangisan penulis, serta mendukung dan mendoakan penulis sehingga mampu menyelesaikan studinya sampai sarjana. Terima kasih, telah menjadi tempat pulang yang nyaman bagi Saya.
3. Ketiga adikku tersayang, Ilhan, Dinar dan Jauza, yang selalu menghibur serta menjadi *support system* terbaik bagi penulis. Terima kasih atas semangat dan cinta yang diberikan.
4. Orang tua keduaku, Bapak Syafruddin dan Mama Kalsum yang telah menjadi *support system* terbaik bagi penulis dengan perhatian dan kasih-sayang mereka yang tanpa batas.

5. Seluruh pihak yang memberikan bantuan serta dukungan yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Terima kasih atas bantuan, semangat, dan doa baik yang diberikan kepada penulis selama ini.
6. Alfiah Rizki Utami, diri saya sendiri. Apresiasi kepada diri sendiri ini yang telah berjuang untuk menyelesaikan studinya di Teknik Kimia ini, serta terus berusaha untuk melewati setiap prosesnya walau banyak mengeluarkan air mata untuk bertahan. Terima kasih karena sudah bertahan.

Akhir kata, penulis mengucapkan banyak terima kasih banyak kepada semua pihak yang telah membantu, semoga Allah SWT melimpahkan karunia-Nya dalam setiap amal kebaikan kita serta diberikan balasan. Aamiin.

Yogyakarta, 28 Juli 2025

Penulis

Alfiah Rizki Utami

# DAFTAR ISI

|                                                            |             |
|------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL .....</b>              | <b>i</b>    |
| <b>PRAKATA.....</b>                                        | <b>ii</b>   |
| <b>LEMBAR PERSEMBAHAN .....</b>                            | <b>iv</b>   |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                                     | <b>vi</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL.....</b>                                   | <b>x</b>    |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                                  | <b>xii</b>  |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>                               | <b>xiii</b> |
| <b>DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN .....</b>               | <b>xiv</b>  |
| <b>ABSTRAK .....</b>                                       | <b>xvi</b>  |
| <b>ABSTRACT.....</b>                                       | <b>xvii</b> |
| <b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>                             | <b>1</b>    |
| <b>1.1 Latar Belakang.....</b>                             | <b>1</b>    |
| <b>1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik.....</b>                 | <b>3</b>    |
| 1.2.1 <i>Supply</i> .....                                  | 3           |
| 1.2.2 <i>Demand</i> .....                                  | 5           |
| 1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku.....                         | 8           |
| 1.2.4 Kapasitas Produksi Pabrik Novolak Resin.....         | 9           |
| <b>1.3 Tinjauan Pustaka .....</b>                          | <b>10</b>   |
| 1.3.1 Proses Pembuatan Resin Fenol – Formaldehida .....    | 10          |
| 1.3.2 Pemilihan Proses .....                               | 14          |
| 1.3.3 Proses Pembuatan Produk.....                         | 15          |
| 1.3.4 Kegunaan Produk.....                                 | 17          |
| <b>1.4 Tinjauan Kinetika dan Termodinamika .....</b>       | <b>18</b>   |
| 1.4.1. Tinjauan Kinetika .....                             | 18          |
| 1.4.2. Tinjauan Termodinamika.....                         | 18          |
| <b>BAB II PERANCANGAN PRODUK.....</b>                      | <b>22</b>   |
| <b>2.1 Spesifikasi Produk.....</b>                         | <b>22</b>   |
| 2.1.1. Novolak Resin.....                                  | 22          |
| <b>2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung.....</b> | <b>24</b>   |
| 2.2.1 Fenol .....                                          | 24          |
| 2.2.2 Formaldehid .....                                    | 26          |

|                |                                                      |           |
|----------------|------------------------------------------------------|-----------|
| 2.2.3          | Asam Sulfat .....                                    | 28        |
| 2.2.4          | Natrium Hidroksida .....                             | 30        |
| 2.2.5          | Air .....                                            | 32        |
| <b>2.3</b>     | <b>Pengendalian Kualitas.....</b>                    | <b>33</b> |
| 2.3.1          | Bahan Baku .....                                     | 33        |
| 2.3.2          | Alat Proses .....                                    | 34        |
| 2.3.3          | Proses Produksi.....                                 | 35        |
| 2.3.4          | Produk.....                                          | 36        |
| <b>BAB III</b> | <b>PERANCANGAN PROSES .....</b>                      | <b>37</b> |
| <b>3.1</b>     | <b>Diagram Alir Proses dan Material.....</b>         | <b>37</b> |
| 3.1.1          | Diagram Alir Proses .....                            | 37        |
| 3.1.2          | Diagram Alir Material .....                          | 38        |
| <b>3.2</b>     | <b>Uraian Proses.....</b>                            | <b>39</b> |
| 3.2.1          | Tahap Persiapan Bahan Baku.....                      | 39        |
| 3.2.2          | Tahap Reaksi .....                                   | 40        |
| 3.2.3          | Tahap Penetralan .....                               | 41        |
| 3.2.4          | Tahap Pemurnian Produk.....                          | 41        |
| <b>3.3</b>     | <b>Spesifikasi Alat .....</b>                        | <b>42</b> |
| 3.3.1          | Spesifikasi Reaktor.....                             | 42        |
| 3.3.2          | Spesifikasi Alat Pemisah dan Operasi Pendukung ..... | 44        |
| 3.3.3          | Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan.....              | 49        |
| 3.3.4          | Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Cair.....        | 53        |
| 3.3.5          | Spesifikasi Alat Penukar Panas.....                  | 57        |
| <b>3.4</b>     | <b>Neraca Massa .....</b>                            | <b>62</b> |
| 3.4.1          | Neraca Massa Total .....                             | 62        |
| 3.4.2          | Neraca Massa Alat.....                               | 62        |
| <b>3.5</b>     | <b>Neraca Panas .....</b>                            | <b>65</b> |
| 3.5.1          | Reaktor (R – 01).....                                | 65        |
| 3.5.2          | Reaktor (R – 02) .....                               | 65        |
| 3.5.3          | <i>Neutralizer</i> (N – 01).....                     | 65        |
| 3.5.4          | Menara Distilasi (MD – 01).....                      | 65        |
| 3.5.5          | <i>Heater</i> 1 (HE – 01).....                       | 65        |
| 3.5.6          | <i>Heater</i> 2 (HE – 02).....                       | 66        |
| 3.5.7          | <i>Heater</i> 3 (HE – 03).....                       | 66        |

|                                        |                                                                    |            |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.5.8                                  | <i>Cooler 1 (CL – 01)</i> .....                                    | 66         |
| 3.5.9                                  | <i>Cooler 2 (CL – 02)</i> .....                                    | 66         |
| <b>BAB IV PERANCANGAN PABRIK .....</b> |                                                                    | <b>68</b>  |
| <b>4.1</b>                             | <b>Lokasi Pabrik .....</b>                                         | <b>68</b>  |
| 4.1.1.                                 | Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik .....                        | 69         |
| 4.1.2.                                 | Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik.....                       | 71         |
| <b>4.2</b>                             | <b>Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>).....</b>                | <b>72</b>  |
| <b>4.3</b>                             | <b>Tata Letak Mesin/Alat Proses (<i>Machines Layout</i>) .....</b> | <b>80</b>  |
| <b>4.4</b>                             | <b>Organisasi Perusahaan.....</b>                                  | <b>84</b>  |
| 4.4.1                                  | Bentuk Perusahaan .....                                            | 84         |
| 4.4.2                                  | Struktur Organisasi.....                                           | 85         |
| 4.4.3                                  | Tugas dan Wewenang .....                                           | 88         |
| 4.4.4                                  | Status Karyawan .....                                              | 92         |
| 4.4.5                                  | Jabatan dan Keahlian.....                                          | 93         |
| 4.4.6                                  | Karyawan .....                                                     | 94         |
| <b>BAB V UTILITAS.....</b>             |                                                                    | <b>102</b> |
| <b>5.1</b>                             | <b>Unit Penyediaan dan Pengolahan Air .....</b>                    | <b>102</b> |
| 5.1.1                                  | Unit Penyediaan Air .....                                          | 102        |
| 5.1.2                                  | Unit Pengolahan Air.....                                           | 107        |
| <b>5.2</b>                             | <b>Unit Pembangkit <i>Steam</i>.....</b>                           | <b>115</b> |
| <b>5.3</b>                             | <b>Unit Pembangkit Listrik .....</b>                               | <b>115</b> |
| <b>5.4</b>                             | <b>Unit Penyedia Udara Tekan.....</b>                              | <b>119</b> |
| <b>5.5</b>                             | <b>Unit Penyedia Bahan Bakar .....</b>                             | <b>120</b> |
| <b>5.6</b>                             | <b>Unit Pengolahan Limbah .....</b>                                | <b>120</b> |
| <b>5.7</b>                             | <b>Spesifikasi Alat Utilitas.....</b>                              | <b>122</b> |
| 5.7.1                                  | Alat Transportasi Bahan Utilitas .....                             | 122        |
| 5.7.2                                  | Bak Utilitas .....                                                 | 126        |
| 5.7.3                                  | Tangki Utilitas .....                                              | 127        |
| 5.7.4                                  | <i>Screener</i> Utilitas .....                                     | 129        |
| 5.7.5                                  | <i>Sand Filter</i> Utilitas .....                                  | 129        |
| 5.7.6                                  | <i>Cooling Tower</i> Utilitas.....                                 | 129        |
| 5.7.7                                  | <i>Mixed Bed</i> Utilitas.....                                     | 130        |
| 5.7.8                                  | Deaerator Utilitas .....                                           | 130        |
| 5.7.9                                  | <i>Blower Cooling Tower</i> Utilitas.....                          | 131        |

|                                                               |            |
|---------------------------------------------------------------|------------|
| <b>BAB VI EVALUASI EKONOMI.....</b>                           | <b>132</b> |
| <b>6.1    Evaluasi Ekonomi .....</b>                          | <b>132</b> |
| <b>6.2    Penaksiran Harga Peralatan.....</b>                 | <b>133</b> |
| <b>6.3    Dasar Perhitungan .....</b>                         | <b>137</b> |
| <b>6.4    Perhitungan Biaya .....</b>                         | <b>137</b> |
| 6.4.1 <i>Capital Investment</i> .....                         | 137        |
| 6.4.2 <i>Manufacturing Cost</i> .....                         | 138        |
| 6.4.3 <i>General Expense</i> .....                            | 139        |
| <b>6.5    Analisa Kelayakan.....</b>                          | <b>139</b> |
| 6.5.1 <i>Return On Investment (ROI)</i> .....                 | 139        |
| 6.5.2 <i>Pay Out Time (POT)</i> .....                         | 140        |
| 6.5.3 <i>Break Even Point (BEP)</i> .....                     | 140        |
| 6.5.4 <i>Shut Down Point (SDP)</i> .....                      | 141        |
| 6.5.5 <i>Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR)</i> ..... | 142        |
| <b>6.6    Hasil Perhitungan.....</b>                          | <b>143</b> |
| 6.6.1 <i>Penentuan Fixed Capital Investment (FCI)</i> .....   | 143        |
| 6.6.2 <i>Penentuan Total Production Cost (TPC)</i> .....      | 144        |
| 6.6.3 <i>Penentuan Fixed Cost (Fa)</i> .....                  | 146        |
| 6.6.4 <i>Penentuan Variable Cost (Va)</i> .....               | 146        |
| 6.6.5 <i>Penentuan Regulated Cost (Ra)</i> .....              | 147        |
| <b>6.7    Hasil Analisa Keuntungan.....</b>                   | <b>147</b> |
| <b>6.8    Hasil Kelayakan Ekonomi .....</b>                   | <b>147</b> |
| 6.8.1 <i>Percent Return On Investment (%ROI)</i> .....        | 147        |
| 6.8.2 <i>Pay Out Time (POT)</i> .....                         | 148        |
| 6.8.3 <i>Break Even Point (BEP)</i> .....                     | 148        |
| 6.8.4 <i>Shut Down Point (SDP)</i> .....                      | 148        |
| 6.8.5 <i>Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)</i> ..... | 149        |
| <b>6.9    Analisa Resiko Pabrik.....</b>                      | <b>149</b> |
| <b>BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>                      | <b>152</b> |
| <b>7.1    Kesimpulan.....</b>                                 | <b>152</b> |
| <b>7.2    Saran.....</b>                                      | <b>153</b> |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                                   | <b>155</b> |

## DAFTAR TABEL

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 1. 1 Data Impor Novolak Resin di Indonesia .....                 | 3  |
| Tabel 1. 2 Data Ekspor Novolak Resin .....                             | 5  |
| Tabel 1. 3 Data Produksi Cat di Indonesia .....                        | 7  |
| Tabel 1. 4 Data Ketersediaan Bahan Baku .....                          | 8  |
| Tabel 1. 5 Data Kapasitas Komersil Dalam Negeri dan Luar Negeri .....  | 9  |
| Tabel 1. 6 Pemilihan Proses Berdasarkan Jenis Katalis .....            | 15 |
| Tabel 1. 7 Data Energi Gibbs Masing-Masing Komponen.....               | 19 |
| Tabel 1. 8 Data Panas Pembentukan Standar Masing-Masing Komponen ..... | 20 |
| Tabel 3. 1 Spesifikasi Reaktor .....                                   | 42 |
| Tabel 3. 2 Spesifikasi Mixer .....                                     | 44 |
| Tabel 3. 3 Spesifikasi Neutralizer .....                               | 45 |
| Tabel 3. 4 Spesifikasi Dekanter .....                                  | 46 |
| Tabel 3. 5 Spesifikasi Menara Distilasi .....                          | 47 |
| Tabel 3. 6 Spesifikasi Tangki.....                                     | 49 |
| Tabel 3. 7 Spesifikasi Accumulator .....                               | 52 |
| Tabel 3. 8 Spesifikasi Pompa.....                                      | 53 |
| Tabel 3. 9 Spesifikasi Pompa (lanjutan) .....                          | 54 |
| Tabel 3. 10 Spesifikasi Pompa (lanjutan) .....                         | 55 |
| Tabel 3. 11 Spesifikasi Cooler .....                                   | 57 |
| Tabel 3. 12 Spesifikasi Heater .....                                   | 58 |
| Tabel 3. 13 Spesifikasi Kondensor .....                                | 60 |
| Tabel 3. 14 Spesifikasi Reboiler .....                                 | 60 |
| Tabel 3. 15 Neraca Massa Total .....                                   | 62 |
| Tabel 3. 16 Neraca Massa Mixer (M – 01).....                           | 62 |
| Tabel 3. 17 Neraca Massa Reaktor (R – 01) .....                        | 63 |
| Tabel 3. 18 Neraca Massa Neutralizer (N – 01).....                     | 63 |
| Tabel 3. 19 Neraca Massa Dekanter (D – 01) .....                       | 63 |
| Tabel 3. 20 Neraca Massa Menara Distilasi (MD – 01).....               | 64 |
| Tabel 3. 21 Neraca Panas Reaktor (R – 01) .....                        | 64 |
| Tabel 3. 22 Neraca Panas Neutralizer (N – 01).....                     | 65 |
| Tabel 3. 23 Neraca Panas Menara Distilasi (MD – 01) .....              | 65 |
| Tabel 3. 24 Neraca Panas Heater 1 (HE – 01).....                       | 65 |
| Tabel 3. 25 Neraca Panas Heater 2 (HE – 02).....                       | 66 |
| Tabel 3. 26 Neraca Panas Heater 3 (HE – 03).....                       | 66 |
| Tabel 3. 27 Neraca Panas Cooler 1 (CL – 01).....                       | 66 |
| Tabel 3. 28 Neraca Panas Cooler 2 (CL – 02).....                       | 66 |
| Tabel 4. 1 Rincian Luas Tanah Bangunan Pabrik.....                     | 77 |
| Tabel 4. 2 Daftar Jabatan Perusahaan .....                             | 93 |
| Tabel 4. 3 Data Jumlah Karyawan .....                                  | 95 |

|                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 4. 4 Jadwal Kerja Karyawan Shift .....                         | 97  |
| Tabel 4. 5 Gaji Karyawan Berdasarkan Jabatan.....                    | 99  |
| Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Pendingin .....                             | 104 |
| Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Umpan <i>Boiler</i> .....                   | 105 |
| Tabel 5. 3 Kebutuhan Air Sanitasi.....                               | 107 |
| Tabel 5. 4 Kebutuhan Listrik Alat Proses.....                        | 116 |
| Tabel 5. 5 Kebutuhan Listrik Utilitas.....                           | 117 |
| Tabel 5. 6 Spesifikasi Pompa Utilitas .....                          | 122 |
| Tabel 5. 7 Spesifikasi Pompa Utilitas (Lanjutan) .....               | 123 |
| Tabel 5. 8 Spesifikasi Pompa Utilitas (Lanjutan) .....               | 124 |
| Tabel 5. 9 Spesifikasi Pompa Utilitas (Lanjutan) .....               | 124 |
| Tabel 5. 10 Spesifikasi Bak Utilitas .....                           | 126 |
| Tabel 5. 11 Spesifikasi Tangki Utilitas .....                        | 127 |
| Tabel 5. 12 Spesifikasi Tangki Utilitas (Lanjutan) .....             | 128 |
| Tabel 5. 13 Spesifikasi <i>Screener</i> Utilitas .....               | 129 |
| Tabel 5. 14 Spesifikasi <i>Sand Filter</i> Utilitas .....            | 129 |
| Tabel 5. 15 Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> Utilitas .....          | 129 |
| Tabel 5. 16 Spesifikasi <i>Mixed Bed</i> Utilitas .....              | 130 |
| Tabel 5. 17 Spesifikasi Deaerator Utilitas .....                     | 130 |
| Tabel 5. 18 Spesifikasi <i>Blower Cooling Tower</i> Utilitas.....    | 131 |
| Tabel 6. 1 Indeks Harga Alat.....                                    | 134 |
| Tabel 6. 2 <i>Physical Plant Cost</i> (PPC) .....                    | 143 |
| Tabel 6. 3 <i>Direct Plant Cost</i> (DPC) .....                      | 143 |
| Tabel 6. 4 <i>Fixed Capital Investment</i> (FCI) .....               | 144 |
| Tabel 6. 5 <i>Direct Manufacturing Cost</i> (DMC).....               | 144 |
| Tabel 6. 6 <i>Indirect Manufacturing Cost</i> (IMC) .....            | 144 |
| Tabel 6. 7 <i>Fixed Manufacturing Cost</i> (FMC).....                | 144 |
| Tabel 6. 8 <i>Manufacturing Cost</i> (MC) .....                      | 145 |
| Tabel 6. 9 <i>Working Capital</i> (WC).....                          | 145 |
| Tabel 6. 10 <i>General Expense</i> (GE) .....                        | 145 |
| Tabel 6. 11 <i>Total Production Cost</i> (TPC).....                  | 146 |
| Tabel 6. 12 <i>Fixed Cost</i> (Fa).....                              | 146 |
| Tabel 6. 13 <i>Variable Cost</i> (Va) .....                          | 146 |
| Tabel 6. 14 <i>Regulated Cost</i> (Ra) .....                         | 147 |
| Tabel 6. 15 Hasil Analisa <i>High Risk</i> dan <i>Low Risk</i> ..... | 150 |
| Tabel 6. 16 Hasil Analisa Ekonomi .....                              | 151 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 1. 1 Grafik Data Impor Novolak Resin di Indonesia .....                                 | 4   |
| Gambar 1. 2 Grafik Data Ekspor Novolak Resin.....                                              | 6   |
| Gambar 1. 3 Reaksi Menjadi Monomethylol Phenol (Rokhati & Prasetyaningrum, 2008).....          | 11  |
| Gambar 1. 4 Reaksi Pembentukan <i>Dimethylol Phenol</i> (Rokhati & Prasetyaningrum, 2008)..... | 12  |
| Gambar 1. 5 Reaksi Pembentukan Trimethylol Phenol (Rokhati & Prasetyaningrum, 2008).....       | 12  |
| Gambar 1. 6 Reaksi Kondensasi Polimerisasi (Rokhati & Prasetyaningrum, 2008) .....             | 13  |
| Gambar 1. 7 Reaksi Methylolasi (Rokhati & Prasetyaningrum, 2008) .....                         | 14  |
| Gambar 1. 8 Reaksi Metilenasi (Rokhati & Prasetyaningrum, 2008).....                           | 14  |
| Gambar 1. 9 Grafik Hubungan antara Konversi dan Waktu Reaksi (Zhang et al., 2011).....         | 17  |
| Gambar 3. 1 Diagram Alir Proses .....                                                          | 37  |
| Gambar 3. 2 Diagram Alir Material .....                                                        | 38  |
| Gambar 4. 1 Lokasi Pendirian Pabrik.....                                                       | 68  |
| Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik (Plant Layout) .....                                             | 78  |
| Gambar 4. 3 Tata Letak Alat-Alat Proses (Machines Layout) .....                                | 83  |
| Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan.....                                                | 87  |
| Gambar 5. 1 Diagram Alir Utilitas.....                                                         | 108 |
| Gambar 6. 1 Grafik Indeks Harga Alat.....                                                      | 136 |
| Gambar 6. 2 Grafik Evaluasi Ekonomi .....                                                      | 149 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|              |                                                |
|--------------|------------------------------------------------|
| Lampiran – A | Perancangan Tangki NaOH                        |
| Lampiran – B | <i>Process Engineering Flow Diagram</i> (PEFD) |
| Lampiran – C | Kartu Konsultasi Bimbingan Prarancangan Pabrik |

## DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN

|                |                                                         |
|----------------|---------------------------------------------------------|
| T              | : <i>Temperature</i> , °C                               |
| $\mu$          | : Viskositas, cP                                        |
| $\rho$         | : Densitas Kg/m <sup>3</sup>                            |
| $\pi$          | : Pi, 3,14                                              |
| D              | : Diameter, m                                           |
| H              | : Tingi, m                                              |
| V              | : Volume, m <sup>3</sup>                                |
| m              | : Massa, Kg                                             |
| T              | : Waktu, jam                                            |
| K              | : Konstanta kinetika reaksi, /menit                     |
| F <sub>v</sub> | : Laju alir, m <sup>3</sup> /jam                        |
| M <sub>s</sub> | : Massa <i>steam</i> , Kg                               |
| A              | : Luas bidang penampang, ft <sup>2</sup>                |
| x              | : Konversi, %                                           |
| TD             | : Titik didih, °C                                       |
| D <sub>t</sub> | : Dimensi reaktor, m                                    |
| ID             | : <i>Inside</i> diameter                                |
| OD             | : <i>Outside</i> diameter                               |
| t <sub>s</sub> | : Ketebalan dinding, in                                 |
| t <sub>h</sub> | : Ketebalan <i>head</i> , in                            |
| P              | : Power motor, hP                                       |
| Re             | : Bilangan Reynold                                      |
| E              | : Efisiensi sambungan                                   |
| R <sub>i</sub> | : Jari-jari reaktor                                     |
| C              | : <i>Corossion allowance</i>                            |
| f              | : <i>Allowable stress</i> , psia                        |
| W              | : Faktor intensifikasi tegangan untuk jenis <i>head</i> |

|      |                                                                 |
|------|-----------------------------------------------------------------|
| sg   | : <i>Spesific gravity</i>                                       |
| Di   | : Diameter pengaduk, m                                          |
| W    | : Tinggi pengaduk, m                                            |
| Wb   | : Lebar <i>baffle</i> , m                                       |
| L    | : Lebar pengaduk, m                                             |
| Zi   | : Jarak pengaduk                                                |
| ZL   | : Tinggi pengaduk, m                                            |
| N    | : Kecepatan pengaduk, rpm                                       |
| Rd   | : Faktor pengotor                                               |
| H    | : Efisiensi                                                     |
| N    | : Jumlah banyaknya lilitan                                      |
| L    | : Lebar, m                                                      |
| P    | : Panjang, m                                                    |
| hi   | : <i>Inside film coefficient</i> , Btu/jam ft <sup>2</sup> °F   |
| hio  | : <i>Outside film coeffiecient</i> , Btu/jam ft <sup>2</sup> °F |
| jH   | : <i>Heat transfer factor</i>                                   |
| LMTD | : <i>Long Mean Temperature Different</i>                        |
| Nt   | : Jumlah <i>tube</i>                                            |
| ΔG°  | : Energi Gibbs Standar (kJ/mol)                                 |
| R    | : Tetapan gas ideal                                             |

## ABSTRAK

Novolak resin digunakan sebagai lak, bahan laminating, bahan perekat kayu, pernis serta panel dinding dekorasi. Kebutuhan novolak resin di Indonesia setiap tahun mengalami peningkatan dan diperoleh perhitungan proyeksi kebutuhan di 2030 sebanyak 2.078.714 ton, sehingga diperlukan untuk mendirikan pabrik novolak resin yang baru. Kapasitas pabrik novolak resin ini yaitu 15.000 ton/tahun, didesain pada kapasitas produksi yang beroperasi selama 330 hari. Pabrik direncanakan akan dibangun di Serang, Banten dengan jumlah pekerja 103 orang. Pabrik berdiri di tanah seluas 13.978 m<sup>2</sup>. Reaksi pembentukan novolak resin merupakan reaksi eksotermis yang terjadi di reaktor tangki alir berpengaduk (RATB) dengan kondisi operasi 95°C dan tekanan 1 atm. Pabrik novolak resin ini membutuhkan bahan baku fenol sebanyak 120.000 ton/tahun, formaldehid sebanyak 210.000 ton/tahun serta katalis asam sulfat sebanyak 1.703.000 ton/tahun. Kebutuhan utilitas pabrik novolak resin meliputi air sebanyak 54.431,965 kg/jam yang diperoleh dari air sungai, kebutuhan listrik sebanyak 117,701 KW didapat dari PLN, kebutuhan bahan bakar sebanyak 2.129.701,534 kg/jam dan kebutuhan udara bertekanan sebanyak 61,164 m<sup>3</sup> /jam. Dari analisis ekonomi, pabrik novolak resin ini membutuhkan *fixed capital investment* sebesar Rp. 266.917.880.087 dan *working capital* sebesar Rp. 1.722.370.265.306. Keuntungan sebelum pajak Rp. 85.921.516.978 per tahun, sedangkan keuntungan sesudah pajak sebesar Rp. 68.737.213.582 per tahun. Analisis kelayakan ini memberikan hasil bahwa *Percent Return On Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 32% dan setelah pajak sebesar 26%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak sebesar 2,370 tahun sedangkan setelah pajak sebesar 2,797 tahun. *Break Even Point* (BEP) sebesar 54,346% kapasitas, dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 40,163% kapasitas. *Discounted Cash Flow* (DCF) sebesar 6,613%. Berdasarkan hasil analisa kelayakan ekonomi, maka pabrik novolak resin ini cukup menarik untuk didirikan.

**Kata-Kata Kunci : Fenol, Formaldehid, Novolak Resin, RATB**

## **ABSTRACT**

*Novolak resin is used as shellac, laminating material, wood adhesive, varnish as well as decoration wall panels. The need for novolak resin in Indonesia has increased every year and the calculation of projected needs in 2030 is 2.078.714 tons, so it is necessary to establish a new novolak resin plant. The capacity of this novolak resin plant is 15,000 tons/year, designed at a production capacity that operates for 330 days. The factory is planned to be built in Serang, Banten with a total of 103 workers. The factory stands on a land area of 13,978 m<sup>2</sup>. The reaction of novolak resin formation is an exothermic reaction that occurs in a stirred flow tank reactor (RATB) with operating conditions of 95°C and a pressure of 1 atm. This novolak resin plant requires phenol raw materials as much as 120.000 tons/year, formaldehyde as much as 210.000 tons / year and sulfuric acid catalyst as much as 1.703.000 tons/year. The utility needs of the novolak resin plant include water as much as 54,431,965 kg/hour obtained from river water, electricity needs as much as 117,701 KW obtained from PLN, fuel needs as much as 2,129,701,534 kg/hour and compressed air needs as much as 61,164 m<sup>3</sup>/hour. From economic analysis, this novolak resin plant requires fixed capital investment of Rp. 266,917,880,087 and working capital of Rp. 1.722.370.265.306. Profit before tax is Rp. 85.921.516.978 per year, while profit after tax is Rp. 68.737.213.582 per year. This feasibility analysis results in a pre-tax Percent Return On Investment (ROI) of 32% and 26% after tax. Pay Out Time (POT) before tax is 2,370 years while after tax is 2,797 years. Break Even Point (BEP) is 54.346% capacity, and Shut Down Point (SDP) is 40.163% capacity. Discounted Cash Flow (DCF) amounted to 6.613%. Based on the results of the economic feasibility analysis, the novolak resin plant is quite interesting to establish.*

**Keywords : CSTR, Formaldehyde, Novolac Resin, Phenol**

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia adalah salah satu negara berkembang yang termasuk dalam negara terbesar di dunia sehingga Indonesia memiliki sumber daya alam yang beragam. Selain itu, Indonesia juga memiliki sumber daya manusia dengan total jumlah penduduk sebanyak 285.721.236 jiwa (*worldometers*), dan merupakan jumlah terbanyak keempat di dunia setelah India, Tiongkok dan Amerika Serikat. Hal tersebut membuat Indonesia memiliki sumber daya manusia (SDM) yang melimpah. Dengan persaingan ekonomi yang ketat, pertumbuhan penduduk yang semakin padat membuat Indonesia terus mengupayakan kesejahteraan masyarakatnya dengan cara melakukan banyak pembangunan salah satunya pembangunan di bidang industri. Indonesia terus melakukan pembangunan di bidang industri guna memenuhi kebutuhan dalam negeri dan juga memecahkan masalah lapangan pekerjaan yang terus bertambah seiring dengan penambahan jumlah penduduk.

Industri kimia merupakan salah satu industri yang memiliki prospek dan juga peluang investasi yang besar dikarenakan kebutuhan akan bahan kimia yang selalu meningkat setiap tahunnya sehingga dengan melakukan pembangunan industri kimia dapat mengurangi ketergantungan impor terhadap bahan kimia selain itu juga dapat meningkatkan kemampuan ekspor Indonesia sehingga dapat menambah pendapatan devisa negara.

Kebutuhan manusia yang semakin berkembang seiring perkembangan zaman termasuk terhadap benda-benda yang diciptakan untuk dapat membantu pekerjaan manusia. Selain fungsi, keindahan suatu benda atau produk juga dapat menjadi daya tarik tersendiri bagi konsumennya. salah satu bahan yang digunakan untuk memperindah benda atau produk adalah pewarna (cat). Penggunaan akan bahan pelapis maupun pewarna (cat) juga meningkat. Salah satu bahan yang sering digunakan dalam produksi pelapis maupun pewarna tersebut adalah fenol formaldehid resin atau yang biasa disebut dengan novolak resin.

Tak hanya digunakan sebagai bahan pelapis maupun pewarna (cat), dalam dunia industri novolak resin ( $(C_7H_6O)_n$ ) adalah resin yang terbentuk dari reaksi fenol dengan formaldehid dapat digunakan sebagai lak, bahan laminating, bahan perekat kayu, pernis serta panel dinding dekorasi. Kelebihan dari novolak resin itu sendiri adalah mudah dicetak, dibentuk, mudah diwarnai dan yang paling penting adalah tidak menimbulkan efek racun yang berbahaya bagi tubuh. Dengan sifat-sifat tersebut novolak resin dapat diolah kedalam berbagai bentuk seperti, lembaran, plat, batang dan lain-lain (Pizzi & Mittal, 2003).

Proyeksi konsumsi novolak resin di Indonesia akan terus bertambah seiring dengan berkembangnya industri yang menggunakan bahan resin novolak. Di Indonesia novolak resin sudah di produksi, akan tetapi produk yang dihasilkan masih tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan akan novolak resin di Indonesia. Untuk memenuhi kebutuhan akan novolak resin Indonesia mengimpor novolak resin dari luar negeri. Pendirian pabrik novolak resin sangat penting untuk dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri serta dapat menghemat devisa negara selain itu juga dapat mengurangi masalah lapangan kerja yang ada di Indonesia.

## 1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Prediksi akan kapasitas pabrik yang akan didirikan dilakukan berdasarkan kebutuhan akan novolak resin di Indonesia. Penentuan kapasitas meliputi *demand* dan supply, dengan *demand* yaitu meliputi data ekspor dan konsumsi sedangkan *supply* meliputi data impor dan produksi dalam negeri.

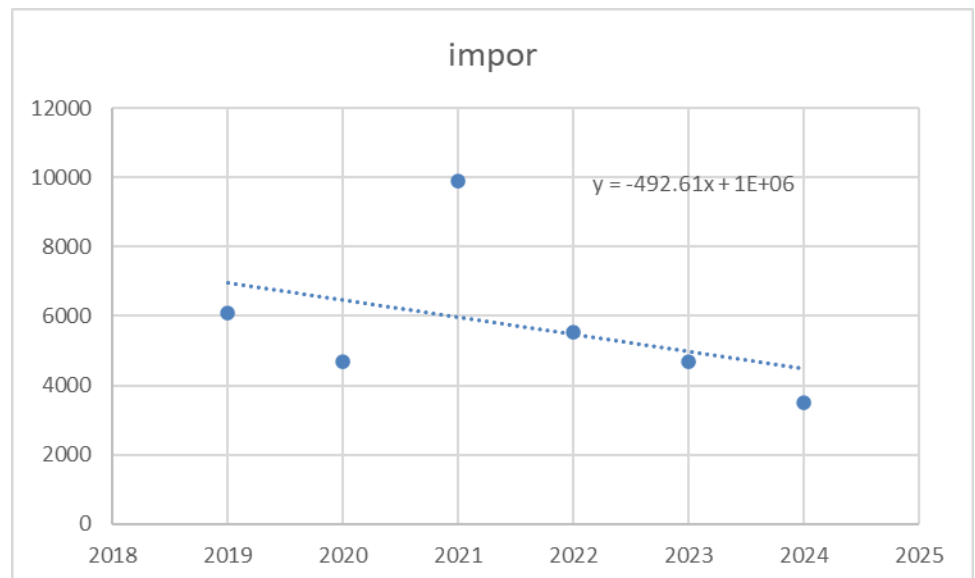
### 1.2.1 Supply

#### a. Impor Novolak Resin di Indonesia

Tabel 1. 1 Data Impor Novolak Resin di Indonesia (Comtrade Plus, 2025)

| No. | Tahun | Impor (Ton) |
|-----|-------|-------------|
| 1.  | 2019  | 6073,528    |
| 2.  | 2020  | 4674,882    |
| 3.  | 2021  | 9887.466    |
| 4.  | 2022  | 5525.826    |
| 5.  | 2023  | 4677.939    |
| 6.  | 2024  | 3495.732    |

Berdasarkan tabel diatas maka didapatkan grafik hubungan antara tahun impor novolak resin dengan banyaknya novolak resin yang diimpor.



Gambar 1. 1 Grafik Data Impor Novolak Resin di Indonesia

Pada grafik diatas berlaku persamaan regresi linear, yaitu :

$$y = ax + b$$

$$y = -492,61x + 1E+06$$

Jika pabrik novolak resin ini dirancang akan didirikan pada tahun 2030, maka prediksi impor novolak resin pada tahun ke-11 dapat dihitung sebagai berikut:

$$y = -492,61(11) + 1E+06$$

$$y = 994.581,3 \text{ ton}$$

b. Produksi Novolak Resin di Indonesia

Penentuan kapasitas pabrik novolak resin dapat di produksi dengan memproyeksi kebutuhan akan novolak resin di Indonesia. Di Indonesia PT. Indoferin Jaya telah memproduksi novolak resin dengan kapasitas sebesar 12.000 ton/tahun (Kemenperin). Sehingga jika diasumsikan tidak ada pabrik baru dalam negeri yang memproduksi novolak resin hingga tahun pendirian pabrik di tahun 2030 maka produksi novolak resin pada 2030 diprediksi sebesar 12.000 ton/tahun.

Untuk prediksi *supply* novolak resin berdasarkan proyeksi impor dan juga data produksi novolak dalam negeri, maka *supply* novolak resin di Indonesia pada tahun 2030 sebesar:

$$supply = impor + produksi\ dalam\ negeri$$

$$supply = 994.581,3\ ton/tahun + 12.000\ ton/tahun$$

$$supply = 1.006.581,3\ ton/tahun$$

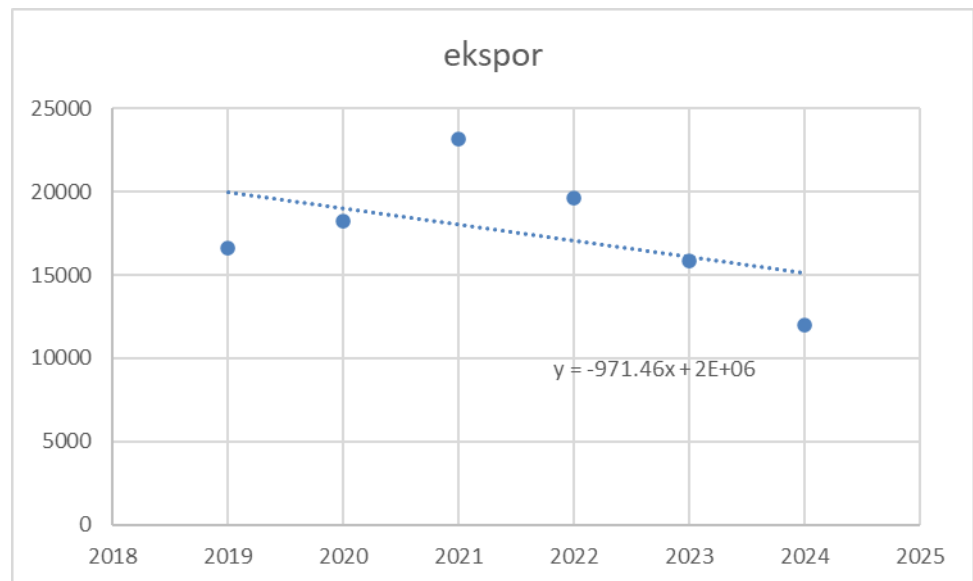
### 1.2.2 Demand

#### a. Ekspor Novolak Resin

Tabel 1. 2 Data Ekspor Novolak Resin (Comtrade Plus, 2025)

| No. | Tahun | Ekspor (Ton) |
|-----|-------|--------------|
| 1.  | 2019  | 16.629,2     |
| 2.  | 2020  | 18.238,2     |
| 3.  | 2021  | 23.189,9     |
| 4.  | 2022  | 19.596,5     |
| 5.  | 2023  | 15.871,3     |
| 6.  | 2024  | 11.967,8     |

Berdasarkan tabel diatas maka didapatkan grafik hubungan antara tahun ekspor novolak resin dengan banyaknya novolak resin yang diekspor.



Gambar 1. 2 Grafik Data Ekspor Novolak Resin

Pada grafik diatas berlaku persamaan regresi linear, yaitu :

$$y = ax + b$$

$$y = -971,46x + 2E+06$$

Jika pabrik novolak resin ini dirancang akan didirikan pada tahun 2030, maka prediksi ekspor novolak resin pada tahun ke-12 dapat dihitung sebagai berikut:

$$y = -971,46x(11) + 2E+06$$

$$y = 1.989.314 \text{ ton}$$

b. Konsumsi Novolak Resin di Indonesia

Dalam industri, novolak resin paling banyak digunakan sebagai bahan baku produksi cat, pernis dan juga lak. Adapun industri cat di Indonesia dapat dilihat dibawah ini:

Tabel 1. 3 Data Produksi Cat di Indonesia (Kemenperin, 2022)

| <b>Produsen</b>  | <b>Kapasitas (Ton/Tahun)</b> |
|------------------|------------------------------|
| PT. Avia Avian   | 147.000                      |
| PT. Nippon Paint | 250.000                      |
| PT. ICI Paint    | 50.000                       |
| <b>Total</b>     | <b>447.000</b>               |
| <b>20%</b>       | <b>89.400</b>                |

Dari data yang telah ada, maka menurut Kemenperin perkiraan pabrik cat yang menggunakan bahan baku novolak resin adalah 447.000 ton/tahun. Sehingga, apabila diasumsikan penggunaan bahan baku novolak resin untuk produksi pabrik tersebut adalah 20% maka konsumsi novolak resin dalam negeri sebesar 89.400 ton/tahun.

Berdasarkan proyeksi ekspor dan juga data konsumsi dalam negeri, maka dapat diprediksi *demand* novolak resin di Indonesia pada tahun 2030 sebesar:

$$demand = ekspor + konsumsi dalam negeri$$

$$demand = 1.989.314 \text{ ton} + 89.400 \text{ ton/tahun}$$

$$demand = 2.078.714 \text{ ton/tahun}$$

Peluang pasar untuk novolak resin yang akan didirikan tahun 2030 nanti dapat di hitung berdasarkan proyeksi data impor, ekspor,

konsumsi, dan produksi novolak resin. Sehingga kapasitas peluang pasar novolak resin pada tahun 2030 dapat di ditentukan sebesar berikut ini:

$$peluang = demand - supply$$

$$peluang = 2.078.714 \text{ ton/tahun} - 1.006.581 \text{ ton/tahun}$$

$$peluang = 1.072.133 \text{ ton/tahun}$$

### 1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku

Penyediaan bahan baku merupakan salah satu faktor yang cukup penting dalam pendirian pabrik. Bahan baku utama pembuatan novolak resin yaitu formaldehida dan fenol serta dibantu oleh katalis asam sulfat.

Tabel 1. 4 Data Ketersediaan Bahan Baku (Kemenperin, 2022)

| <b>Bahan Baku</b> | <b>Produsen</b>              | <b>Kapasitas (Ton/Tahun)</b> |
|-------------------|------------------------------|------------------------------|
| Formaldehid       | PT. Dover Chemical           | 150.000                      |
| Fenol             | PT. Kumenindo Kridanusa      | 120.000                      |
| Asam Sulfat       | PT. Petrokimia Gresik        | 1.170.000                    |
|                   | PT. Indonesia Acids Industry | 3.000                        |
|                   | PT. Jordan Abadi             | 530.000                      |

#### 1.2.4 Kapasitas Produksi Pabrik Novolak Resin

Untuk kapasitas komersil novolak resin dalam negeri maupun luar negeri dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. 5 Data Kapasitas Komersil Dalam Negeri dan Luar Negeri

| <b>Produsen</b>                  | <b>Negara</b> | <b>Kapasitas<br/>(Ton/Tahun)</b> |
|----------------------------------|---------------|----------------------------------|
| PT. Indoperin Jaya               | Indonesia     | 12.000                           |
| Chang Chun Plasties.co           | Cina          | 20.000                           |
| Georgia Pacific Corporation      | Amerika       | 23.000                           |
| Japan's Suitomo Chemical         | Jepang        | 25.000                           |
| Leuna-Harze Chemical             | Jerman        | 18.000                           |
| Dynea Chemicals                  | Rusia         | 25.000                           |
| Shandong Shequan Chemical.Co.Ltd | Cina          | 20.000                           |
| Nanjing Chemical Industry Park   | Cina          | 30.000                           |
| Haiyan Huaqiang Resin.Co.Ltd     | Cina          | 8.000                            |

Dengan pertimbangan kebutuhan novolak resin, ketersediaan bahan baku dan juga kapasitas komersil untuk novolak resin maka pabrik novolak resin yang akan didirikan pada tahun 2030 dengan kapasitas sebesar 15.000 ton/tahun.

## **1.3 Tinjauan Pustaka**

### **1.3.1 Proses Pembuatan Resin Fenol – Formaldehida**

Resin fenol–formaldehida terus menghiasi industri resin, lebih dari seabad setelah pengembangan pertamanya, karena sifat dan kinerjanya yang serbaguna dalam berbagai aplikasi. Produksi dan aplikasi komersial resin fenol– formaldehida dengan cepat menyebar ke seluruh dunia setelah produksi komersial pertamanya di Jerman pada tahun 1909. Sifat mekanik yang sangat baik, tahan api, fleksibilitas, biaya rendah, stabilitas termal yang tinggi, dan ketahanan air dan kimia telah menjadikannya bahan pilihan untuk aplikasi di industri kedirgantaraan, sebagai perekat di unit manufaktur papan partikel, sebagai cat dan pelapis, dalam pembuatan busa isolasi dan dalam industri listrik dan penerangan. Sepanjang abad ke-20, resin fenol–formaldehida telah meluas ke beberapa sektor karena berbagai sifat yang menguntungkan, yang dapat disesuaikan sesuai dengan penggunaan akhir. Untuk membuatnya cocok untuk berbagai aplikasi, banyak modifikasi sintetis telah diadopsi. Misalnya, sifat mekanik telah ditingkatkan dengan menggabungkan berbagai serat dan pengisi, dan sifat termal telah ditingkatkan dengan menggunakan fenol tersubstitusi. Modifikasi baru terus dikembangkan, memungkinkan penciptaan produk berharga baru yang terbuat dari resin fenol–formaldehida (Sarika et al., 2020).

Resin fenol–formaldehida banyak digunakan sebagai perekat di berbagai industri kayu kemudian disintesis melalui kondensasi polimerisasi fenol dan formaldehida dengan menggunakan katalis asam (asam oksalat atau asam klorida) atau basa (natrium hidroksida) untuk menghasilkan resin fenol– formaldehid novolak atau resol (Bansode et al., 2021).

Berdasarkan perbandingan mol reaktan dan jenis katalis yang digunakan, resin fenol–formaldehid dibagi menjadi 2 jenis, yaitu (Rokhati & Prasetyaningrum, 2008):

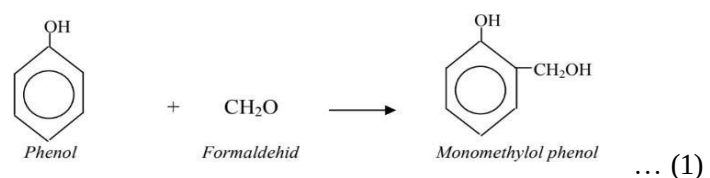
a. Resol

Resol diperoleh dengan polikondensasi dengan katalis basa dan rasio molar fenol/formaldehida  $1:>1$ . Biasanya, mereka digunakan dalam bentuk cair baik dilarutkan dalam air atau dalam larutan organik (alkohol dan keton) (Hesse, n.d.).

Tahap reaksi pembentukan resol, meliputi :

- Reaksi Adisi (Metilolasi)

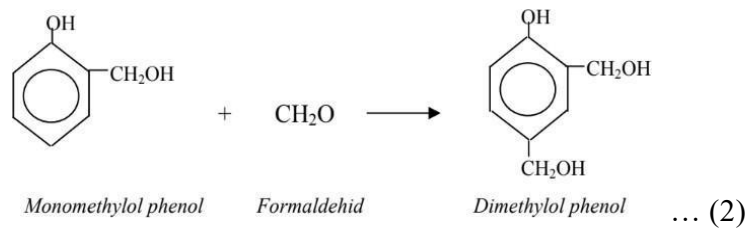
Pada tahap pertama, phenol dan formaldehid akan bereaksi secara adisi membentuk *monomethylol phenol*.



Gambar 1. 3 Reaksi Menjadi *Monomethylol Phenol*

(Rokhati & Prasetyaningrum, 2008)

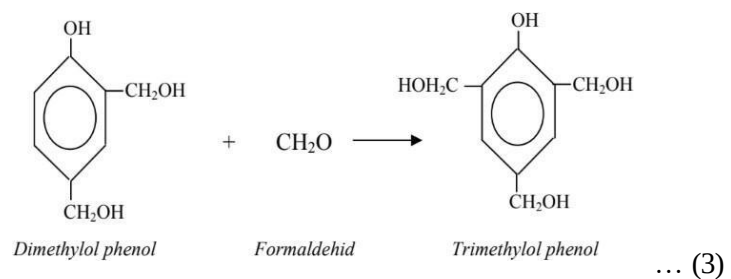
Pada *monomethylol phenol* ini masih ada 2 gugus reaktif yang dapat bereaksi lagi dengan formaldehid menjadi *dimethylol phenol*.



Gambar 1. 4 Reaksi Pembentukan *Dimethylol Phenol*

(Rokhati & Prasetyaningrum, 2008)

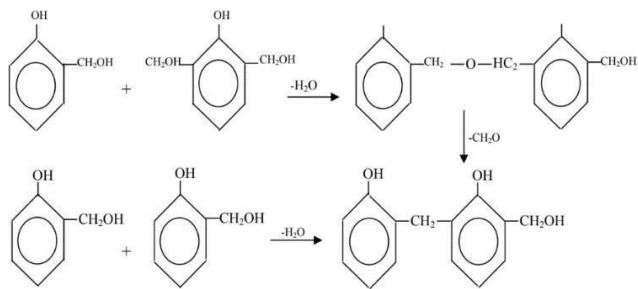
dan pada akhirnya membentuk *trimethylol phenol*.



Gambar 1. 5 Reaksi Pembentukan *Trimethylol Phenol* (Rokhati & Prasetyaningrum, 2008)

#### - Reaksi Kondensasi Polimerisasi

Monomer dan dimer pada reaksi adisi akan terus bereaksi dan berat molekul dari resin akan meningkat. Resol terbentuk pada suasana basa.



... (4)

Gambar 1. 6 Reaksi Kondensasi Polimerisasi (Rokhati & Prasetyaningrum, 2008)

#### b. Novolak Resin

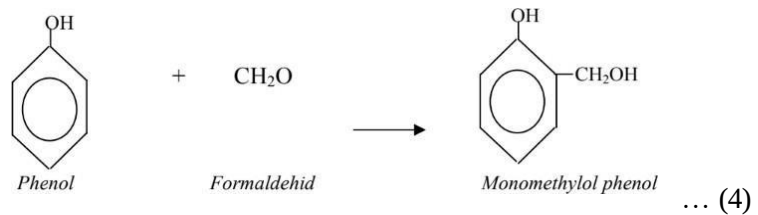
Novolak resin dibuat dengan cara kondensasi fenol dan sejumlah kecil formaldehida dengan katalis asam. Novolak resin dapat berlanjut ke termoset dengan memanaskan dengan formaldehida, yang biasanya diperoleh dengan dekomposisi termal *hexamethylenetetramine* (Carraher Jr., 2007).

Novolak resin diperoleh dengan reaksi polikondensasi dengan katalis asam dan rasio fenol/formaldehida 1:<1. Biasanya novolak adalah padatan dengan titik leleh antara 50°C dan 130°C, yang dapat digunakan dalam bentuk serpihan, pil, resin bubuk atau larutan dalam pelarut organik. Novolak resin sendiri merupakan bahan termoplastik. (Hesse, n.d.).

Tahap reaksi dalam pembentukan novolak resin, meliputi :

- Reaksi Adisi (Methylolasi)

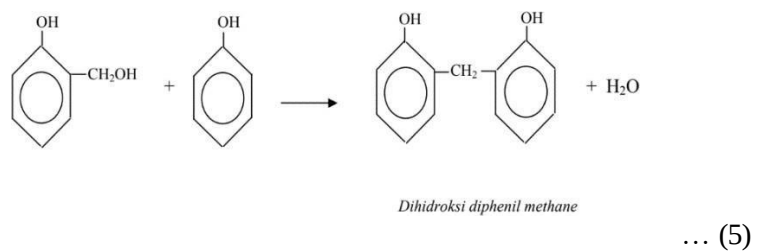
Pada tahap pertama, phenol dan formaldehid akan bereaksi membentuk *monomethylol phenol*.



Gambar 1. 7 Reaksi Methylolasi (Rokhati & Prasetyaningrum, 2008)

- Reaksi Kondensasi Polimerisasi (Metilenasi)

Pada tahap ini, gugus *methylol* akan bereaksi dengan *phenol* membentuk jembatan *methylene* dan air.



Gambar 1. 8 Reaksi Metilenasi (Rokhati & Prasetyaningrum, 2008)

### 1.3.2 Pemilihan Proses

Ditinjau dengan membandingkan jenis katalis yang akan digunakan kemudian dilakukan spesifikasi dari masing-masing katalis terhadap kriteria yang diperoleh sebagai berikut :

Tabel 1. 6 Pemilihan Proses Berdasarkan Jenis Katalis (Zhao et al., 2013)

| No. | Kriteria Pemilihan | Jenis Katalis  |              |                  |
|-----|--------------------|----------------|--------------|------------------|
|     |                    | Asam Sulfat    | Asam Klorida | Asam Oksalat     |
| 1.  | Sifat Korosif      | Korosif        | Korosif      | Kurang Korosif   |
| 2.  | Efek Katalitik     | Kuat           | Kuat         | Tidak Cukup Kuat |
| 3.  | Likuifikasi        | Sangat Efektif | Efektif      | Kurang Efektif   |
| 4.  | Biaya Peralatan    | Ekonomis       | Ekonomis     | Tidak Ekonomis   |
| 5.  | Residu             | Sangat Rendah  | Rendah       | Tinggi           |

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Alma dkk., mereka membandingkan hasil residu dari tiga jenis katalis berbeda dalam reaksi tersebut. Residu ini memiliki nilai penting dalam mengevaluasi keberhasilan reaksi. Dengan membandingkan pada saat suhu yang sama, bahwa penggunaan katalis asam sulfat menghasilkan residu sebanyak 33% (Alma et al., 1998), sementara katalis asam klorida menghasilkan residu sebanyak 40% (Alma et al., 1996b), dan katalis asam oksalat menghasilkan residu sebanyak 50% (Alma et al., 1996a).

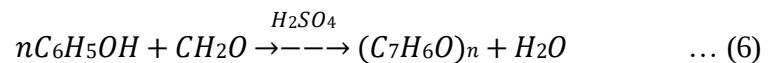
Sehingga, dari perbandingan katalis tersebut yang memungkinkan baik digunakan untuk proses pembuatan novolak resin adalah katalis asam sulfat.

### 1.3.3 Proses Pembuatan Produk

Pembuatan novolak resin merupakan reaksi antara fenol dan formaldehid dengan menggunakan bantuan katalis asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

Novolak resin diproduksi dengan memanaskan 1 mol fenol dengan 0,8 mol formaldehida dengan katalis asam sulfat (Carraher Jr., 2007).

Reaksi :



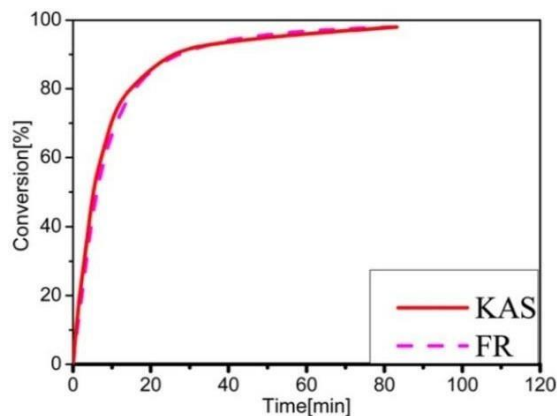
Fenol      Formaldehida      Novolak      Air

Dalam proses pembuatan novolak, fenol cair ditempatkan ke dalam reaktor, diikuti oleh jumlah katalis asam yang tepat. Larutan formaldehida ditambahkan pada suhu mendekati 90°C dan rasio molar formaldehida terhadap fenol 0,75:1 hingga 0,85:1. Untuk alasan keamanan, penambahan formaldehida yang lambat atau bertahap lebih aman daripada menambahkan seluruh muatan sekaligus. Entalpi reaksi berada di atas 80 kJ/mol (19 kkal/mol).

Reaksi selesai setelah 6-8 jam pada 95°C volatil, air, dan beberapa fenol bebas dihilangkan dengan pengupasan vakum hingga 140–170°C. Untuk resin yang membutuhkan fenol hanya dalam jumlah kecil, seperti pengeras *epoxy*, distilasi uap dapat digunakan. Baik air dan fenol bebas mempengaruhi kehilangan dan sifat resin akhir, yang dipantau dalam pengujian kontrol kualitas rutin oleh gas *chromatography*. Asam sulfat dan sulfonat adalah katalis yang kuat dan membutuhkan netralisasi dengan kapur; 0,1 bagian asam sulfat per 100 bagian fenol digunakan (Kirk-Othmer, 1998).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Zhang, dkk. diperoleh grafik hubungan antara konversi dengan waktu reaksi yang

berlangsung pada suhu 140°C dan tekanan 1 atm. Dari hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa untuk memperoleh konversi sebesar 98%, diperoleh pada saat waktu tinggal 70 menit.



Gambar 1. 9 Grafik Hubungan antara Konversi dan Waktu Reaksi (Zhang et al., 2011)

Sehingga, untuk proses pembuatan produk novolak resin digunakan reaktor kontinyu dengan kondisi operasi pada suhu 140°C dan tekanan 1 atm. Dengan waktu tinggal 70 menit.

#### 1.3.4 Kegunaan Produk

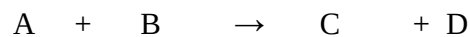
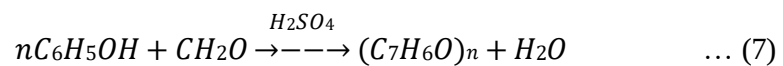
Novolak resin digunakan pada berbagai industri dengan berbagai kegunaan seperti (Pizzi & Mittal, 2003) :

1. Pelarut dalam industri cat, lak dan pernis.
2. Bahan perekat, khusus untuk kayu lapis dan *particle board*.
3. Pelarut pada cetakan, *laminating* dan panel pada dinding dekorasi.

## 1.4 Tinjauan Kinetika dan Termodinamika

### 1.4.1. Tinjauan Kinetika

Reaksi pembentukan novolak resin dari fenol dan formaldehid berlangsung secara eksotermis. Ditinjau dari kinetika reaksi antara phenol dan formaldehid termasuk reaksi orde 2, dan *irreversible* (Uyigue & Kubianga, 2018). Reaksi yang terjadi :



Maka dari persamaan Arrhenius yaitu :

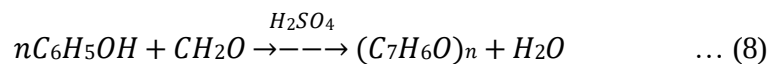
$$k = A \exp\left(-\frac{E}{RT}\right)$$

Didapatkan nilai  $k = 13,792 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$  (Zhang et al., 2011).

### 1.4.2. Tinjauan Termodinamika

Harga tetapan konstanta kesetimbangan (K) dapat ditinjau melalui persamaan Gibbs (Smith et al., n.d.):

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K$$



Tabel 1. 7 Data Energi Gibbs Masing-Masing Komponen (Yaws, 1999)

| Komponen                                       | $\Delta G_f^\circ$ , kJ/mol |
|------------------------------------------------|-----------------------------|
| CH <sub>2</sub> O                              | -109,91 kJ/mol              |
| C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH               | -32,89 kJ/mol               |
| (C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O) <sub>n</sub> | 22,40 kJ/mol                |
| H <sub>2</sub> O                               | -228,60 kJ/mol              |

Maka energi Gibbs :

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

$$= ((22,40) + (-228,60)) - ((-109,91) + (-32,89)) \text{ kJ/mol}$$

$$= -63,4 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G_f^\circ = -RT \ln K$$

$$-63400 \text{ J/mol} = -8,314 \text{ J/(mol.K)} \times 298 \text{ K} \times \ln K$$

$$\ln K = 25,58957$$

$$K = 1,2984 \times 10^{11}$$

Tabel 1. 8 Data Panas Pembentukan Standar Masing-Masing Komponen (Yaws, 1999)

| Komponen                                       | $\Delta G_f^\circ$ , kJ/mol |
|------------------------------------------------|-----------------------------|
| CH <sub>2</sub> O                              | -115,90 kJ/mol              |
| C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH               | -96,36 kJ/mol               |
| (C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O) <sub>n</sub> | -36,80 kJ/mol               |
| H <sub>2</sub> O                               | 241,80 kJ/mol               |

Diperoleh panas pembentukan standar ( $\Delta H_{298}$ ) :

$$\begin{aligned}\Delta H_f &= \Delta H_{produk} - \Delta H_{reaktan} \\ &= ((-36,80) + (-241,80)) - ((-96,36) + (-115,90)) \text{ kJ/mol} \\ &= -66,34 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

$\Delta H_f^\circ$  yang diperoleh bernilai negatif, maka reaksi tersebut bersifat eksotermis.

Melalui persamaan Van Ness (2001), besarnya konstanta kesetimbangan dapat diperoleh melalui rumus :

$$\begin{aligned}\ln \frac{K_{368}}{K_{298}} &= -\frac{\Delta H_{298}}{R} \times \left( \frac{1}{T_r} - \frac{1}{T_{298}} \right) \\ \ln \frac{K_{386}}{1,2984 \times 10^{11}} &= \frac{66340 \text{ J/mol.K}}{8,314 \text{ J/mol.K}} \left( \frac{1}{368} - \frac{1}{298} \right) \\ \ln \frac{K_{368}}{1,2984 \times 10^{11}} &= -5,0933 \\ \frac{K_{368}}{1,2984 \times 10^{11}} &= 0,0061377 \\ K_{368} &= 7,9692 \times 10^8\end{aligned}$$

Karena harga konstanta kesetimbangan besar, maka reaksi yang berlangsung kearah kanan (*irreversible*).

## BAB II

### PERANCANGAN PRODUK

Untuk memenuhi kebutuhan yang sesuai dengan standar dan keinginan pasar, maka perancangan pabrik novolak resin ini didasarkan pada variabel yaitu, spesifikasi bahan baku, spesifikasi produk dan pengendalian kualitas.

#### 2.1 Spesifikasi Produk

##### 2.1.1. Novolak Resin

a. Sifat fisika :

|               |                       |
|---------------|-----------------------|
| Rumus molekul | : $(C_7H_6O)_n$       |
| Fasa          | : Cair                |
| Warna         | : Kuning transparan   |
| Berat molekul | : 800 - 1000 g/mol    |
| Titik didih   | : 200 °C              |
| Titik lebur   | : 55,5 °C             |
| Kelarutan     | : <1% larut dalam air |

b. Sifat kimia

- Terurai terhadap asam kuat

c. Keselamatan bahan

- Identifikasi bahaya sesuai MSDS

- o *Health hazard*

1

Beracun bila tertelan, menyebabkan kulit terbakar parah, dapat menyebabkan kerusakan pada organ melalui paparan yang lama atau berulang.

- *Fire hazard* 1

Cairan mudah terbakar.

- *Instability hazard* 0
- *Specific hazard* :-

- Pencegahan

- Ketika tingkat paparan level tidak diketahui, kenakan respirator yang cocok untuk level paparan.
- Mencuci tangan sampai bersih setelah memegang.
- Menggunakan proteksi untuk pernapasan seperti *full face mask*, proteksi untuk mata/muka seperti *face shield*, menghindari kontak kulit, serta menggunakan pakaian yang protektif, serta menggunakan sarung tangan.

- Penyimpanan

- Simpan di tempat yang sejuk dan kering
- Ruang penyimpanan harus berventilasi baik
- Gunakan wadah tertutup rapat
- Jauhkan dari sumber percikan api

- Lakukan tindakan pencegahan terhadap pemuatan elektrostatik-pembumian diperlukan selama operasi pemuatan.

## 2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

### 2.2.1 Fenol

#### a. Sifat fisika :

|                     |                |
|---------------------|----------------|
| Rumus molekul       | : $C_6H_5OH$   |
| Fasa                | : Cair         |
| Warna               | : Berwarna     |
| Berat molekul       | : 194,44 g/mol |
| Titik didih (1 atm) | : 181,84 °C    |
| Titik beku (1 atm)  | : 40,91 °C     |
| Densitas            | : 1,07 g/ml    |
| Kelarutan dalam air | : Larut        |
| Kemurnian           | : 99%          |
| Impuritas           | : 1%           |

#### b. Sifat kimia :

- Nitration fenol dengan  $HNO_3$  encer menghasilkan isomer orto para.
- Reaksi antara dimetil eter/dietil sulfat dalam keadaan netral atau alkali lemah akan membentuk Sulfat Eter yaitu Anisol ( $C_6H_5OCH_3$ ).

- Uap lebih berat dari pada udara dan bisa merebak di atas lantai.
- Membentuk campuran yang dapat meledak dengan udara pada pemanasan terus-menerus.

c. Keselamatan bahan :

- Identifikasi bahaya sesuai MSDS

- *Health hazard* 3

Toksik bila tertelan, terkena kulit atau bila terhirup, menyebabkan kulit terbakar yang parah dan kerusakan mata, diduga menyebabkan kerusakan genetik, dapat menyebabkan kerusakan pada organ (sistem saraf pusat, ginjal, hati, kulit) melalui perpanjangan atau paparan berulang.

- *Fire hazard* 2

Amat mudah menyala.

- *Instability hazard* 0

- *Spesific hazard* :-

- Pencegahan

- Pakai sarung tangan pelindung/pakaian pelindung/pelindung mata/pelindung wajah.
- Jauhkan dari nyala terbuka, permukaan panas, dan sumber penyulut.

- Lakukan dengan hati-hati tindakan melawan lucutan statis.
- Penyimpanan
  - Lindungi dari cahaya.
  - Tertutup sangat rapat dan kering.
  - Simpan di tempat yang berventilasi baik.
  - Simpan dalam tempat terkunci atau di tempat yang hanya bisa dimasuki oleh orang-orang yang mempunyai kualifikasi atau berwenang.

### 2.2.2 Formaldehid

#### a. Sifat fisika :

|                     |                         |
|---------------------|-------------------------|
| Rumus molekul       | : $\text{CH}_2\text{O}$ |
| Fasa                | : Cair                  |
| Warna               | : Tidak berwarna        |
| Berat molekul       | : 30,026 g/mol          |
| Titik didih (1 atm) | : 94-100 °C             |
| Densitas uap        | : $\approx 1$ (Air = 1) |
| Kelarutan dalam air | : Larut dalam air       |
| Kemurnian           | : 37%                   |
| Impuritas           | : 63%                   |

#### b. Sifat kimia :

- Berifat karsinogenik.
- Bersifat muntagen.

- Korosif.
- Reaksi dengan asetaldehid dalam larutan NaOH dapat membentuk pentaerethyritol dan sodium format.
- Bereaksi dengan air dapat membentuk metilen glikol.

c. Keselamatan bahan :

- Identifikasi bahaya sesuai MSDS

- *Health hazard* 3

Toksik bila tertelan, toksik jika terkena kulit, menyebabkan kulit terbakar yang parah dan kerusakan mata, dapat menyebabkan reaksi alergi pada kulit, toksik jika terhirup, dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernafasan, diduga menyebabkan kerusakan genetik, dapat menyebabkan kanker.

- *Fire hazard* 2

Amat mudah-menyala.

- *Instability hazard* 0

- *Specific hazard* :-

- Pencegahan

- Pakai sarung tangan pelindung/pakaian pelindung/pelindung mata/pelindung wajah.
- Jangan menghirup zat/campuran.
- Hindari terbentuknya uap/aerosol.

- Jauhkan dari nyala terbuka, permukaan panas, dan sumber penyulut.
- Lakukan dengan hati-hati tindakan melawan lucutan statis.
- Penyimpanan
  - Wadah yang tidak mengandung logam.
  - Tertutup sangat rapat.
  - Lindungi dari cahaya.
  - Ruangan berventilasi baik.
  - Simpan dalam tempat terkunci atau di tempat yang hanya bisa dimasuki oleh orang-orang yang mempunyai kualifikasi atau berwenang.

### 2.2.3 Asam Sulfat

#### a. Sifat fisika :

|                     |                           |
|---------------------|---------------------------|
| Rumus molekul       | : $\text{H}_2\text{SO}_4$ |
| Fasa                | : Cair                    |
| Warna               | : Tidak berwarna          |
| Berat molekul       | : 98,079 g/mol            |
| Titik didih (1 atm) | : 336,85 °C               |
| Titik beku (1 atm)  | : 10,31 °C                |
| Densitas            | : 1.833 (pada 25°C)       |
| Kelarutan dalam air | : Sangat larut            |
| Kemurnian           | : 98%                     |

Impuritas : 2%

b. Sifat kimia :

- Dapat korosif terhadap logam.
- Potensi mengoksidasi.
- Memiliki kemampuan dehidrasi sehingga menyebabkan pembentukan hidrat.
- Dengan basa membentuk garam dan air.
- Dengan garam membentuk garam dan asam lain.

c. Keselamatan bahan :

- Identifikasi bahaya sesuai MSDS

- o *Health hazard* 3

Menyebabkan kulit terbakar yang parah, kerusakan mata yang serius dengan resiko kebutaan.

- o *Fire hazard* 0

- o *Instability hazard* 2

Memiliki efek korosif, zat pengoksidasi kuat.

- o *Specific hazard* : -

- Pencegahan

- o Pakai sarung tangan pelindung/pakaian pelindung/pelindung mata/pelindung wajah.

- o Jangan menghirup zat/campuran.

- o Hindari terbentuknya uap/aerosol.

- Jauhkan dari nyala terbuka, permukaan panas, dan sumber penyulut.
- Lakukan dengan hati-hati tindakan melawan lucutan statis.
- Penyimpanan
  - Wadah yang tidak mengandung logam.
  - Tertutup sangat rapat.
  - Simpan di bawah kondisi ruangan standar (suhu kamar).

#### 2.2.4 Natrium Hidroksida

##### a. Sifat fisika :

|                     |                               |
|---------------------|-------------------------------|
| Rumus molekul       | : NaOH                        |
| Fasa                | : Cair                        |
| Warna               | : Tidak berwarna              |
| Berat molekul       | : 39,997 g/mol                |
| Titik didih (1 atm) | : 134 °C (pada tekanan 1 atm) |
| Titik beku (1 atm)  | : 12,1 °C                     |
| Densitas            | : 1,84 g/ml (pada 25°C)       |
| Kelarutan dalam air | : Larut                       |
| Kemurnian           | : 48%                         |
| Impuritas           | : 52%                         |

##### b. Sifat kimia :

- Korosif terhadap logam.

- Bersifat higroskopik.
- Dengan asam membentuk garam dan air.
- Dengan etanol akan menghasilkan natrium etanoat.

c. Keselamatan bahan :

- Identifikasi bahaya sesuai MSDS
  - *Health hazard* 3  
Menyebabkan kulit terbakar parah.
  - *Fire hazard* 0
  - *Instability hazard* 1  
Bersifat korosif.
  - *Specific hazard* :-
- Pencegahan
  - Pakai sarung tangan pelindung/pakaian pelindung/pelindung mata/pelindung wajah.
  - Pakaian pelindung tahan asam.
  - Jauhkan dari air atau udara lembab.
  - Hindari terkena kulit langsung.
- Penyimpanan
  - Tertutup sangat rapat.
  - Kering.
  - Bukan wadah aluminium, timah atau seng.

### 2.2.5 Air

a. Sifat fisik (Yaws, 1999): Rumus

|                     |                         |
|---------------------|-------------------------|
| molekul             | : H <sub>2</sub> O      |
| Fasa                | : Cair                  |
| Warna               | : Tidak berwarna        |
| Berat molekul       | : 18,015 g/mol          |
| Titik didih (1 atm) | : 100°C                 |
| Titik beku (1 atm)  | : 0°C                   |
| Densitas            | : 1,02 g/ml (pada 25°C) |

b. Sifat kimia :

- Merupakan senyawa kovalen polar.
- Bersifat netral (pH=7) dalam keadaan murni.

c. Keselamatan bahan :

- Identifikasi bahaya sesuai MSDS
  - o *Health hazard* 0
  - o *Fire hazard* 0
  - o *Instability hazard* 0
  - o *Specific hazard* :-
- Penyimpanan
  - o Tertutup sangat rapat
  - o Suhu penyimpanan yang direkomendasikan, simpan pada 5°C hingga 30°C

## **2.3 Pengendalian Kualitas**

Dalam proses menciptakan suatu produk yang berkualitas sesuai dengan standar dan selera konsumen, seringkali masih terjadi penyimpangan yang tidak dikehendaki oleh perusahaan sehingga menghasilkan produk rusak yang tentunya akan sangat merugikan perusahaan. Untuk mengatasi hal tersebut, salah satu tindakan yang dapat dilakukan adalah dengan menerapkan suatu sistem pengendalian kualitas agar dapat meminimalisir terjadinya kerusakan produk (*product defect*) sampai pada tingkat kerusakan nol (*zero defect*) (Suprianto, 2016).

Pengendalian kualitas produk merupakan suatu sistem pengendalian yang dilakukan dari tahap awal suatu proses sampai produk jadi (Andi Djemma Palopo, 2018).

Dengan adanya pengendalian kualitas diharapkan produk yang dihasil dapat terkendali sehingga perusahaan dapat dengan cepat mengetahui penyebab apabila terjadi kerusakan produk dan dapat segera menyelesaikan dan meninjau ulang permasalahan yang ada sehingga dengan begitu tidak mengganggu proses produksi dan dapat mempertahankan kualitas produk yang dihasilkan. Pada pabrik novolak resin ini pengendalian kualitas dilakukan dari tahap awal hingga tahap akhir yaitu pengendalian kualitas bahan baku, alat proses, proses produksi dan juga produk yang dihasilkan.

### **2.3.1 Bahan Baku**

Bahan baku merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi suatu produk dari proses produksi tertentu. Pengendalian bahan baku adalah tahapan

awal yang harus dilakukan dalam suatu proses pengendalian kualitas. Pengendalian kualitas bahan baku perlu dilakukan pada awal proses sebelum bahan baku memasuki unit-unit proses guna mengetahui kelayakan dan kualitas bahan baku. Oleh karena itu, bahan baku fenol, formaldehid dan juga bahan pendukung lainnya perlu dilakukan pengendalian kualitas agar kelayakan dan juga spesifikasinya dapat terus terkendali dan nantinya produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Selain itu, ketersediaan bahan baku harus selalu di kontrol guna menghindari kekurangan bahan baku dan juga memastikan proses produksi berjalan lancar. Apabila dalam proses pengendalian kualitas terdapat beberapa bahan baku yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan maka bahan baku tersebut tidak akan digunakan dalam proses produksi.

### **2.3.2 Alat Proses**

Pengendalian kualitas pada alat-alat yang digunakan pada proses produksi juga perlu dilakukan. Pada awal pendirian pabrik alat dipilih alat dengan spesifikasi yang sesuai dengan kebutuhan selama proses produksi berlangsung. Pada pabrik novolak resin ini alat yang digunakan meliputi alat utama, alat penunjang serta unit utilitas. Alat-alat yang digunakan pada proses produksi harus selalu dalam kondisi baik dikarenakan jika terdapat salah satu alat yang kondisinya kurang baik maka dapat mengganggu proses produksi seluruh alat. Kerusakan pada alat-alat dapat dihindari dengan selalu melakukan pengendalian kualitas pada alat-alat produksi dan juga perawatan secara berkala. Perawatan pada mesin adalah suatu kegiatan yang dilakukan untuk

menjaga suatu mesin agar dapat tetap bekerja dengan optimal seperti kondisi awalnya (Teknik Juli et al., n.d.).

### 2.3.3 Proses Produksi

Pada proses produksi perlu dilakukan pengendalian kualitas agar proses yang berjalan sesuai *set point* yang telah ditentukan. Diperlukan alat kontrol untuk setiap proses yang berlangsung yaitu instrumentasi. Instrumentasi merupakan alat yang digunakan pada suatu proses kontrol yang berfungsi untuk mengatur suatu proses produksi agar jalannya proses produksi sesuai dengan yang diharapkan. Alat instrumentasi dipasang pada setiap alat proses dan proses pengendalian berpusat pada *control room*. Hal tersebut untuk memudahkan *engineer* mengontrol proses produksi sehingga apabila terjadi penyimpangan pada proses produksi dapat segera diketahui dan langsung mengambil tindakan. Pada pabrik novolak resin ini pengendalian kualitas dilakukan pada beberapa parameter, yaitu:

#### a. Suhu

Pada proses produksi pengendalian suhu dilakukan dengan instrumen *Temperature Controller* (TC) yang dipasang pada setiap alat proses yang berfungsi untuk mengamati dan juga mengatur suhu pada alat tersebut.

#### b. Tinggi Cairan

Pada proses produksi pengendalian tinggi cairan pada tangki dilakukan dengan instrumen *Level Controller* (LC) yang dipasang pada alat berbentuk tangki yang menampung air yang berfungsi untuk mengamati dan mengatur tinggi cairan yang ada pada dalam tangka tersebut.

c. Tekanan

Pada proses produksi pengendalian tekanan dilakukan dengan instrumen *Pressure Controller* (PC) yang dipasang pada setiap alat proses yang berfungsi untuk mengamati dan juga mengatur tekanan pada alat tersebut.

d. Laju Alir

Pada proses produksi pengendalian laju alir dilakukan dengan instrumen *Flow Controller* (FC) yang dipasang pada setiap alat proses yang berfungsi untuk mengamati dan juga mengatur laju alir umpan dan produk pada alat tersebut.

#### **2.3.4 Produk**

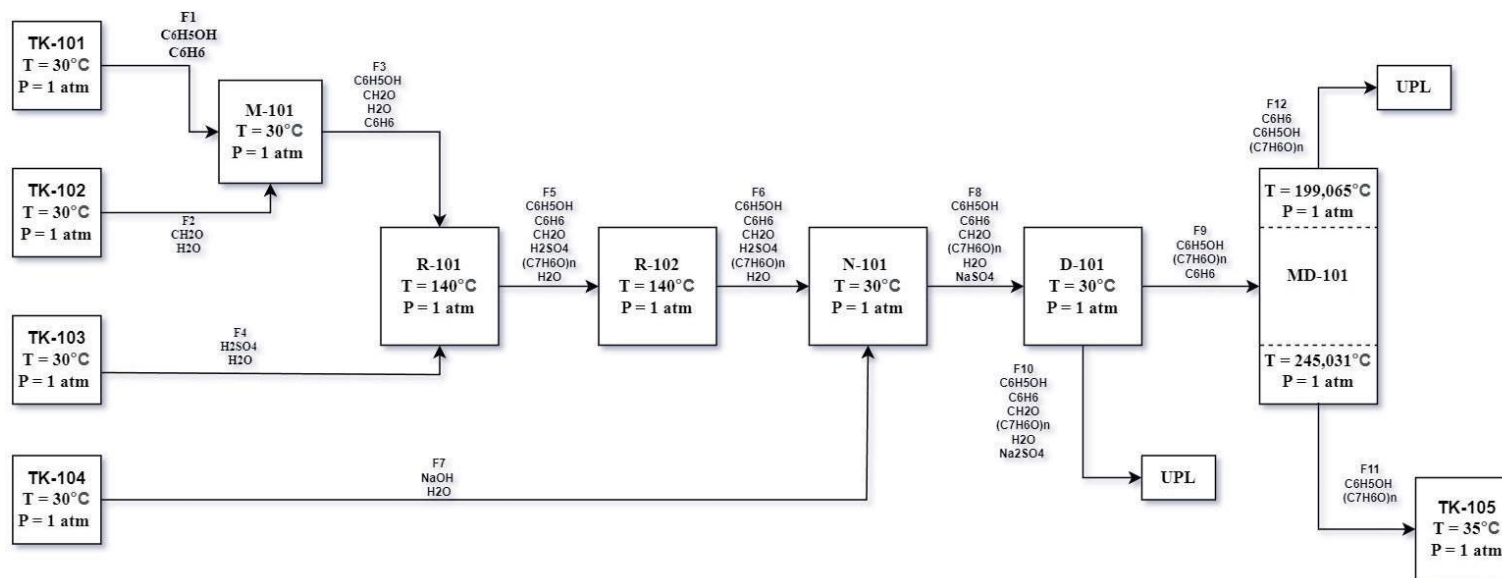
Kualitas dari produk yang telah dihasilkan harus selalu dikontrol kualitasnya. Pengendalian kualitas pada produk ini bertujuan agar produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi awal yang telah ditentukan oleh pabrik agar produk dapat bersaing di pasar. Salah satu pengawasan dan juga pengendalian pada produk dapat dilakukan dengan cara pengendalian kualitas yang sesuai dengan standar ISO 9001:2015 - Sistem Manajemen Mutu.

## BAB III

### PERANCANGAN PROSES

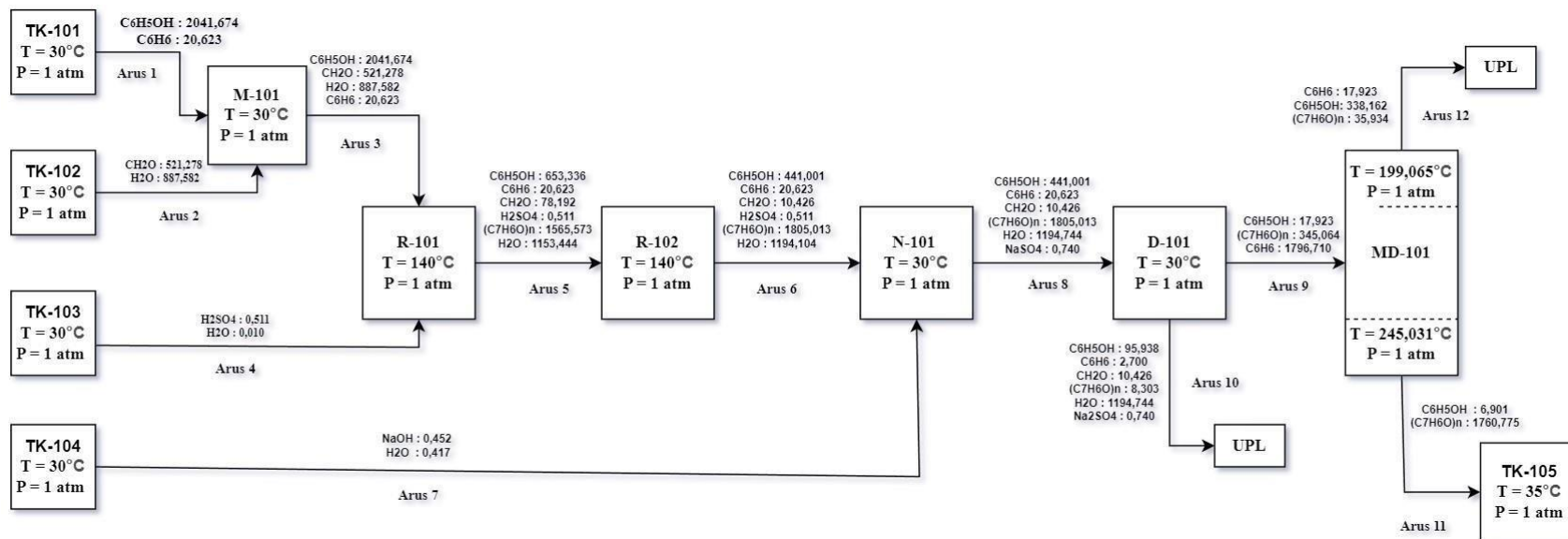
#### 3.1 Diagram Alir Proses dan Material

##### 3.1.1 Diagram Alir Proses



Gambar 3. 1 Diagram Alir Proses

### 3.1.2 Diagram Alir Material



\*) Satuan laju alir material dalam Kg/Jam

Gambar 3. 2 Diagram Alir Material

## 3.2 Uraian Proses

Proses produksi novolak resin ini mengalami beberapa tahapan, yaitu tahapan persiapan bahan baku, tahapan reaksi dan tahap pemurnian produk novolak resin.

### 3.2.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Pada proses industri pembuatan novolak resin dengan kapasitas 15.000 ton/tahun, bahan baku yang digunakan adalah fenol, formaldehid, asam sulfat dan natrium hidroksida. Fenol yang disimpan dalam tangki bahan baku (T-01) dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm, hal ini untuk menjaga kondisi fenol tetap dalam kondisi cair dengan kemurnian 99%. Lalu, Formaldehid disimpan dalam tangki bahan baku (T-02) dengan suhu 30°C pada tekanan 1 atm. Hal ini dilakukan agar menjaga kondisi formaldehid tetap dalam kondisi cair dengan kemurnian 37%.

Dari tangki (T-01) dan (T-02) yang masing-masingnya terdapat bahan baku berupa fenol dan formaldehid dengan kondisi temperatur 30°C dan tekanan 1 atm tersebut dialirkan menggunakan pompa (P-01) dan (P-02) menuju ke *Mixer* (M-01) untuk dilarutkan. Larutan keluaran *Mixer* (M-01) dipanaskan dengan menggunakan *Heater* (HE-01) terlebih dahulu sampai suhu 140°C, hal ini bertujuan untuk menyesuaikan kondisi operasi pada tahapan selanjutnya yaitu tahap reaksi dalam Reaktor (R-01), dengan jenis Raktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) yang beroperasi pada suhu 140°C dengan tekanan 1 atm.

Asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) yang disimpan dalam tangki bahan baku (T-03) dengan suhu  $30^\circ\text{C}$  pada tekanan 1 atm dialirkan menggunakan pompa (P-03) menuju *Heater* (HE-02) untuk dipanaskan terlebih dahulu sampai suhunya menjadi  $140^\circ\text{C}$  sesuai dengan kondisi operasi reaktor.

Natrium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ) yang disimpan dalam tangki bahan baku (T-04) dengan suhu  $30^\circ\text{C}$  pada tekanan 1 atm dialirkan menggunakan pompa (P-03) menuju ke *Neutralizer* (N-01).

### 3.2.2 Tahap Reaksi

Reaksi antara fenol dan formaldehid merupakan reaksi orde 2 yang bersifat eksotermis yang terjadi didalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dengan menggunakan katalis asam sulfat. Reaksi berlangsung pada kondisi 1 atm dengan suhu operasi  $140^\circ\text{C}$ , karena reaksi di dalam Reaktor (R-01) berlangsung secara eksotermis, maka diperlukan jaket pendingin untuk menjaga suhunya agar tetap konstan.

Larutan umpan reaktor terdiri dari larutan hasil keluaran *Mixer* (M-01), dan larutan asam sulfat (katalis). Rasio mol bahan baku yang masuk antara fenol dan formaldehid adalah 1 : 0,8. Untuk mempercepat laju reaksi, maka ditambahkan katalis asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) sebanyak 1% dari fenol yang masuk ke dalam reaktor. Konversi yang dihasilkan dari reaksi ini sebesar 98%.

Pemilihan jumlah reaktor didasarkan pada kapasitas produksi sedangkan untuk pemilihan tipe reaktor didasarkan pada fase reaktan dan kondisi operasi, melalui optimasi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa akan digunakan 2 reaktor yang berjenis Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

(RATB) yang dilengkapi oleh jaket pendingin.

### 3.2.3 Tahap Penetralkan

Produk keluaran Reaktor (R-02) dengan suhu  $140^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 1 atm di alirkan ke pompa untuk menuju ke *Neutralizer* (N-01) untuk menetralkan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) dengan menggunakan Natrium Hidroksida ( $\text{NaOH}$ ). Namun sebelum ke *Neutralizer* (N-01), hasil keluaran dari Reaktor (R-01) di pompa (P- 04) menuju *Cooler* (CL-01) terlebih dahulu untuk menurunkan suhu sesuai dengan kondisi operasi hingga  $30^{\circ}\text{C}$ .

Natrium Hidroksida ( $\text{NaOH}$ ) yang telah disiapkan dari tahap persiapan bahan baku, diumpankan menuju ke *Neutralizer* (N-01). Selanjutnya terjadi proses penetralkan antara  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dengan  $\text{NaOH}$  sehingga menghasilkan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Karena proses yang berlangsung di dalam *Neutralizer* (N-01) secara eksotermis, maka diperlukan jaket pendingin untuk menjaga suhunya agar tetap konstan.

### 3.2.4 Tahap Pemurnian Produk

Produk dari *Neutralizer* (N-01) dipisahkan fraksi berat dan fraksi ringannya dengan menggunakan Dekanter (DE-01), fraksi berat terdiri dari  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ ,  $(\text{C}_7\text{H}_6\text{O})_n$ ,  $\text{C}_6\text{H}_6$  sedangkan fraksi ringan terdiri dari  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_6$ ,  $\text{CH}_2\text{O}$ ,  $(\text{C}_7\text{H}_6\text{O})_n$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Fraksi ringan keluar sebagai hasil bawah yang akhirnya dialirkan menuju Unit Pengolahan Limbah (UPL). Fraksi berat keluar sebagai hasil atas dialirkan menuju Menara Distilasi (MD-01) kemudian dialirkan dengan pompa (P-08) menuju *Heater* (HE-04) untuk menaikkan suhunya dari  $30^{\circ}\text{C}$  menjadi  $220,526^{\circ}\text{C}$ , selanjutnya

produk dialirkan menuju Menara Distilasi (MD-01) dengan tekanan operasi sebesar 1 atm.

Fungsi alat Menara Distilasi (MD-01) ialah untuk memisahkan produk novolak resin dari produk sampingnya. Prinsip pemisahan dalam Menara Distilasi (MD-01) adalah pemisahan berdasarkan titik didih. Hasil keluaran keluaran bawah Menara Distilasi (MD-01) ialah produk novolak resin yang kemudian didinginkan terlebih dahulu dengan menggunakan *Cooler* (CL-02) sebelum masuk ke tangki penyimpanan produk (T-05) dengan kondisi penyimpanan pada suhu 35°C dan tekanan 1 atm. Sedangkan hasil atas dari Menara Distilasi (MD-01) ialah produk samping berupa campuran fenol dan benzene, serta sisa novolak lalu dialirkan menuju Unit Pengolah Limbah (UPL).

### 3.3 Spesifikasi Alat

#### 3.3.1 Spesifikasi Reaktor

Tabel 3. 1 Spesifikasi Reaktor

| <b>REAKTOR</b>          |                                                                 |                                                                 |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| <b>Spesifikasi Umum</b> |                                                                 |                                                                 |
| Kode                    | R – 01                                                          | R – 02                                                          |
| Fungsi                  | Mereaksikan fenol dan formaldehid dengan katalisnya asam sulfat | Mereaksikan fenol dan formaldehid dengan katalisnya asam sulfat |
| Jenis/Tipe              | Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)                          | Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)                          |
| Mode Operasi            | Kontinyu                                                        | Kontinyu                                                        |
| Jumlah, unit            | 1 unit                                                          | 1 unit                                                          |
| Harga, Rp               | 111.273.472.834                                                 | 26.275.378.723                                                  |
| <b>Kondisi Operasi</b>  |                                                                 |                                                                 |
| Suhu, °C                | 140                                                             | 140                                                             |

|                                          |                                                    |                                                    |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Tekanan, atm                             | 1                                                  | 1                                                  |
| Kondisi Proses                           | <i>isothermal</i>                                  | <i>isothermal</i>                                  |
| <b>Konstruksi dan Material</b>           |                                                    |                                                    |
| Bahan Konstruksi                         | <i>Stainless steel SA – 167 grade 11 type 316</i>  | <i>Stainless steel SA – 167 grade 11 type 316</i>  |
| Diameter (ID) <i>shell</i> , m           | 2,657                                              | 2,657                                              |
| Tebal <i>shell</i> , in                  | 0,250                                              | 0,250                                              |
| Tinggi total, m                          | 3,730                                              | 3,730                                              |
| Jenis <i>head</i>                        | <i>Torispherical flanged and dished head</i>       | <i>Torispherical flanged and dished head</i>       |
| <b>Insulasi</b>                          |                                                    |                                                    |
| Bahan                                    | Air pendingin                                      | Air pendingin                                      |
| Konduktifitas panas, W/m.K               | 7,356                                              | 7,356                                              |
| <b>Spesifikasi Khusus</b>                |                                                    |                                                    |
| Tipe pengaduk                            | <i>Flat blade turbine impellers with six blade</i> | <i>Flat blade turbine impellers with six blade</i> |
| Diameter pengaduk, m                     | 0,886                                              | 0,886                                              |
| Jarak pengaduk, m                        | 0,886                                              | 0,886                                              |
| Tinggi pengaduk, m                       | 0,531                                              | 0,531                                              |
| Lebar pengaduk, m                        | 0,221                                              | 0,221                                              |
| Kecepatan pengadukan (rpm)               | 84                                                 | 84                                                 |
| Power/tenaga pengadukan, hp              | 15                                                 | 15                                                 |
| Jumlah <i>Baffle</i> , Buah              | 4                                                  | 4                                                  |
| Lebar <i>Baffle</i> , m                  | 0,221                                              | 0,221                                              |
| <b>Mode Transfer Panas</b>               |                                                    |                                                    |
| UD, W/m <sup>2</sup> .K                  | 5,737                                              | 5,737                                              |
| Luas Area Transfer Panas, m <sup>2</sup> | 31,683                                             | 31,683                                             |
| Tebal Jaket, m                           | 0,006                                              | 0,006                                              |

### 3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah dan Operasi Pendukung

#### a. Mixer

Tabel 3. 2 Spesifikasi *Mixer*

| <b>MIXER</b>                   |                                                    |
|--------------------------------|----------------------------------------------------|
| <b>Spesifikasi Umum</b>        |                                                    |
| Kode                           | M – 01                                             |
| Fungsi                         | Menyampurkan fenol dan formaldehid                 |
| Tipe                           | <i>Torispherical flanged and dished head</i>       |
| Jumlah, unit                   | 1                                                  |
| Harga, Rp                      | 74.268.536                                         |
| <b>Kondisi Operasi</b>         |                                                    |
| Suhu, °C                       | 30                                                 |
| Tekanan, atm                   | 1                                                  |
| <b>Konstruksi dan Material</b> |                                                    |
| Bahan konstruksi               | <i>Stainless steel SA – 167 grade 11 type 316</i>  |
| Diameter (ID) <i>shell</i> , m | 0,969                                              |
| Tebal <i>shell</i> , m         | 0,188                                              |
| Tinggi total, m                | 1,423                                              |
| <b>Spesifikasi Khusus</b>      |                                                    |
| Tipe pengaduk                  | <i>Flat blade turbine impellers with six blade</i> |
| Diameter pengaduk, m           | 0,323                                              |
| Jarak pengaduk, m              | 0,323                                              |
| Tinggi pengaduk, m             | 0,194                                              |
| Lebar pengaduk, m              | 0,081                                              |
| Kecepatan pengadukan, rpm      | 320                                                |
| Power/tenaga pengaduk, hp      | 5                                                  |
| Jumlah <i>baffle</i> , buah    | 4                                                  |
| Lebar <i>baffle</i> , m        | 0,081                                              |

b. *Neutralizer*

Tabel 3. 3 Spesifikasi *Neutralizer*

| <b>NEUTRALIZER</b>             |                                                                         |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| <b>Spesifikasi Umum</b>        |                                                                         |
| Kode                           | N – 01                                                                  |
| Fungsi                         | Menetralkan NaOH dengan penetral larutan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> |
| Jumlah, unit                   | 1                                                                       |
| Harga, Rp                      | 297.074.143                                                             |
| <b>Kondisi Operasi</b>         |                                                                         |
| Suhu, °C                       | 30                                                                      |
| Tekanan, atm                   | 1                                                                       |
| <b>Konstruksi dan Material</b> |                                                                         |
| Bahan Konstruksi               | <i>Stainless steel SA – 167 grade 11 type 316</i>                       |
| Diameter (ID) <i>shell</i> , m | 1,575                                                                   |
| Tebal <i>shell</i> , in        | 0,188                                                                   |
| Tinggi total, m                | 2,249                                                                   |
| Jenis <i>head</i>              | <i>Torispherical flanged and dished head</i>                            |
| <b>Insulasi</b>                |                                                                         |
| Bahan                          | Air pendingin                                                           |
| Konduktifitas panas, W/m.K     | 1,295                                                                   |
| <b>Spesifikasi Khusus</b>      |                                                                         |
| Tipe pengaduk                  | <i>Flat blade turbines impellers with six blade</i>                     |
| Diameter pengaduk, m           | 0,525                                                                   |
| Jarak pengaduk, m              | 0,525                                                                   |
| Tinggi pengaduk, m             | 0,316                                                                   |
| Lebar pengaduk, m              | 0,132                                                                   |
| Kecepatan pengadukan (rpm)     | 155                                                                     |
| Power/tenaga pengadukan, hp    | 8                                                                       |
| Jumlah <i>Baffle</i>           | 4                                                                       |

|                                          |         |
|------------------------------------------|---------|
| Lebar <i>Baffle</i>                      | 0,132   |
| <b>Mode Transfer Panas</b>               |         |
| UD, W/m <sup>2</sup> .K                  | 283,915 |
| Luas Area Transfer Panas, m <sup>2</sup> | 12,088  |
| Tebal Jaket, m                           | 0,005   |

c. Dekanter

Tabel 3. 4 Spesifikasi Dekanter

|                                |                                                                           |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| <b>DEKANTER</b>                |                                                                           |
| <b>Spesifikasi Umum</b>        |                                                                           |
| Kode                           | D – 01                                                                    |
| Fungsi                         | Memisahkan keluaran <i>neutralizer</i> menjadi fasa ringan dan fasa berat |
| Jenis                          | <i>Horizontal decanter</i>                                                |
| Material                       | <i>Stainless steel SA – 167 grade 11 type 316</i>                         |
| Harga, Rp                      | 58.955.887                                                                |
| <b>Kondisi Operasi</b>         |                                                                           |
| Suhu, °C                       | 30                                                                        |
| Tekanan, atm                   | 1                                                                         |
| <b>Spesifikasi</b>             |                                                                           |
| <i>Shell</i>                   |                                                                           |
| Diameter (ID) <i>shell</i> , m | 0,719                                                                     |
| Panjang <i>shell</i> , m       | 1,439                                                                     |
| Tebal <i>shell</i> , m         | 0,188                                                                     |
| <i>Head</i>                    |                                                                           |
| Jenis <i>head</i>              | <i>Torispherical</i>                                                      |
| Tinggi <i>head</i> , m         | 0,132                                                                     |
| Tebal <i>head</i> , m          | 0,188                                                                     |

d. Menara Distilasi

Tabel 3. 5 Spesifikasi Menara Distilasi

| MENARA DISTILASI                 |                                    |              |
|----------------------------------|------------------------------------|--------------|
| Spesifikasi Umum                 |                                    |              |
| Kode                             | MD – 01                            |              |
| Fungsi                           | Memurnikan produk novolak          |              |
| Jenis                            | <i>Multicomponent distillation</i> |              |
| Tipe                             | <i>tray</i>                        |              |
| Kondisi Operasi                  |                                    |              |
|                                  | Suhu, °C                           | Tekanan, atm |
| Umpan                            | 220,526                            | 1            |
| Distilat                         | 199,065                            | 1            |
| <i>Bottom</i>                    | 245,072                            | 1            |
| Spesifikasi                      |                                    |              |
| <i>Shell</i>                     |                                    |              |
| Diameter (ID) <i>shell</i> , m   | 0,483                              |              |
| Tinggi <i>shell</i> , m          | 5,341                              |              |
| Tebal <i>shell</i> , in          | 0,188                              |              |
| Material                         | <i>Stainless steel</i>             |              |
| <i>Head</i>                      |                                    |              |
| Jenis <i>head</i>                | <i>Torispherical</i>               |              |
| Tebal <i>head</i> , in           | 0,188                              |              |
| Material                         | <i>Stainless steel</i>             |              |
| Tipe Tray                        |                                    |              |
| Jenis <i>tray</i>                | <i>sieve</i>                       |              |
| <i>Feed plate</i>                | 6                                  |              |
| Jumlah <i>plate</i> actual, buah | 9                                  |              |
| Susunan <i>hole</i>              | <i>triangular</i>                  |              |
| Diameter <i>hole</i> , m         | 0,005                              |              |
| <i>Tray spacing</i> , m          | 0,3                                |              |

|                     |               |
|---------------------|---------------|
| Jumlah lubang, buah | 357           |
| Jumlah              | 1 unit        |
| Harga, Rp           | 1.661.769.947 |

### 3.3.3 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan

#### a. Tangki

Tabel 3. 6 Spesifikasi Tangki

| Spesifikasi            | Tangki                                 |                                        |                                        |                                    |                                        |
|------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------|
| Kode                   | T – 01                                 | T – 02                                 | T – 03                                 | T – 04                             | T – 05                                 |
| Fungsi peruntukan alat | Menyimpan $C_6H_5OH$                   | Menyimpan $CH_2O$                      | Menyimpan $H_2SO_4$                    | Menyimpan $NaOH$                   | Menyimpan produk                       |
| Lama penyimpanan, hari | 7                                      | 7                                      | 14                                     | 30                                 | 7                                      |
| Fasa                   | Cair                                   | Cair                                   | Cair                                   | Cair                               | Cair                                   |
| Jumlah tangki, unit    | 5                                      |                                        |                                        |                                    |                                        |
| Jenis tangki           | Silinder tegak                         | Silinder tegak                         | Silinder tegak                         | Silinder tegak                     | Silinder tegak                         |
| Kondisi operasi        |                                        |                                        |                                        |                                    |                                        |
| Suhu, °C               | 30                                     | 30                                     | 30                                     | 30                                 | 35                                     |
| Tekanan, atm           | 1                                      | 1                                      | 1                                      | 1                                  | 1                                      |
| Spesifikasi            |                                        |                                        |                                        |                                    |                                        |
| Bahan konstruksi       | <i>Stainless steel SA-240 type 316</i> | <i>Stainless steel SA-240 type 316</i> | <i>Stainless steel SA-240 type 316</i> | <i>Carbon steel SA-283 Grade C</i> | <i>Stainless steel SA-240 type 316</i> |

|                                     |                                        |                                         |                                         |                                         |                                        |
|-------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|
| <b>Volume tangki, m<sup>3</sup></b> | 640,719                                | 489,681                                 | 27,028                                  | 27,028                                  | 489,681                                |
| <b>Diameter, m</b>                  | 12,192                                 | 10,668                                  | 3,048                                   | 3,048                                   | 10,668                                 |
| <b>Tinggi, m</b>                    | 5,486                                  | 5,486                                   | 3,658                                   | 3,658                                   | 5,486                                  |
| <b>Jumlah course</b>                | 3                                      | 3                                       | 2                                       | 2                                       | 3                                      |
| <b>Tebal shell, in</b>              | <i>Course 1 (18 ft) :<br/>0,25 in</i>  | <i>Course 1 (18 ft) :<br/>0,3125 in</i> | <i>Course 1 (12 ft) :<br/>0,1875 in</i> | <i>Course 1 (12 ft) :<br/>0,1875 in</i> | <i>Course 1 (18 ft) :<br/>0,25 in</i>  |
|                                     | <i>Course 2 (12 ft) :<br/>0,25 in</i>  | <i>Course 2 (12 ft) :<br/>0,25 in</i>   | <i>Course 2 (6 ft) :<br/>0,1875 in</i>  | <i>Course 2 (6 ft) :<br/>0,1875 in</i>  | <i>Course 2 (12 ft) :<br/>0,25 in</i>  |
|                                     | <i>Course 3 (6 ft) :<br/>0,1875 in</i> | <i>Course 3 (6 ft) :<br/>0,1875 in</i>  |                                         |                                         | <i>Course 3 (6 ft) :<br/>0,1875 in</i> |
| <b>Head &amp; Bottom</b>            |                                        |                                         |                                         |                                         |                                        |
| <b>Jenis head</b>                   | <i>Conical</i>                         | <i>Conical</i>                          | <i>Conical</i>                          | <i>Conical</i>                          | <i>Conical</i>                         |
| <b>Tebal head, in</b>               | 0,25                                   | 0,313                                   | 0,188                                   | 0,188                                   | 0,25                                   |
| <b>Jenis bottom</b>                 | <i>Flat</i>                            | <i>Flat</i>                             | <i>flat</i>                             | <i>flat</i>                             | <i>flat</i>                            |
| <b>Tebal bottom, in</b>             | 0,25                                   | 0,25                                    | 0,25                                    | 0,25                                    | 0,25                                   |
| <b>Harga, Rp</b>                    | 8.967.190.478                          | 2.637.293.364                           | 371.342.679                             | 445.611.214                             | 11.801.828.850                         |

b. *Accumulator*

Tabel 3. 7 Spesifikasi *Accumulator*

| <b>Spesifikasi</b>                  | <b><i>Accumulator</i></b>                                        |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| <b>Kode</b>                         | <b>ACC – 01</b>                                                  |
| <b>Fungsi peruntukan alat</b>       | Menampung arus keluaran kondensor (CD – 01) yang berupa campuran |
| <b>Lama penyimpanan</b>             | 5 menit                                                          |
| <b>Fasa</b>                         | Cair                                                             |
| <b>Jumlah tangki, unit</b>          | 2 unit                                                           |
| <b>Jenis tangki</b>                 | <i>Horizontal silinder</i>                                       |
| <b>Kondisi Operasi</b>              |                                                                  |
| <b>Suhu, °C</b>                     | 172,159                                                          |
| <b>Tekanan, atm</b>                 | 1                                                                |
| <b>Spesifikasi</b>                  |                                                                  |
| <b>Bahan konstruksi</b>             | <i>Stainless steel SA-167 grade 11 type 316</i>                  |
| <b>Volume tangki, m<sup>3</sup></b> | 120,343                                                          |
| <b>Diameter, m</b>                  | 0,882                                                            |
| <b>Tinggi, m</b>                    | 5,501                                                            |
| <b>Tebal shell, in</b>              | 0,188                                                            |
| <b><i>Head</i></b>                  |                                                                  |
| <b>Jenis head</b>                   | <i>Ellipsoidal</i>                                               |
| <b>Tebal head, in</b>               | 0,188                                                            |
| <b>Harga, Rp</b>                    | 966.876.554                                                      |

### 3.3.4 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Cair

Tabel 3. 8 Spesifikasi Pompa

| Spesifikasi                          | Pompa                                                                                         |                                                                                                |                                                                                               |                                                                                                          |                                                                          |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Kode                                 | P – 01                                                                                        | P – 02                                                                                         | P – 03                                                                                        | P – 04                                                                                                   | P – 05                                                                   |
| <b>Tujuan/Fungsi peruntukan alat</b> | Mengalirkan bahan baku fenol ( $C_6H_5OH$ ) dari tangki (T – 01) menuju <i>mixer</i> (M – 01) | Mengalirkan bahan baku formaldehid ( $CH_2O$ ) dari tangki (T-02) menuju <i>mixer</i> (M – 01) | Mengalirkan bahan baku asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dari tangki (T – 03) menuju reaktor (R – 01) | Mengalirkan bahan baku Natrium Hidroksida (NaOH) dari tangki (T – 04) menuju <i>neutralizer</i> (N – 01) | Mengalirkan hasil keluaran <i>mixer</i> (M – 01) menuju reaktor (R – 01) |
| <b>Nama bahan yang dipompa</b>       | Fenol                                                                                         | Formaldehid                                                                                    | Asam sulfat                                                                                   | Natrium Hidroksida                                                                                       | Fenol, benzene, formaldehid, dan Air                                     |
| <b>Viskositas, cP</b>                | 5,413                                                                                         | 0,570                                                                                          | 18,991                                                                                        | 1107,865                                                                                                 | 3,448                                                                    |
| <b>Kapasitas, m<sup>3</sup>/jam</b>  | 2,795                                                                                         | 2,195                                                                                          | 0,000443                                                                                      | 0,00106                                                                                                  | 5,932                                                                    |
| <b>Pump head, m</b>                  | 2,879                                                                                         | 3,330                                                                                          | 10,851                                                                                        | 2,243                                                                                                    | 5,958                                                                    |
| <b>Suhu fluida, °C</b>               | 30                                                                                            | 30                                                                                             | 30                                                                                            | 30                                                                                                       | 30                                                                       |
| <b>Tekanan, atm</b>                  | 1                                                                                             | 1                                                                                              | 1                                                                                             | 1                                                                                                        | 1                                                                        |
| <b>Instalasi</b>                     | <i>Horizontal</i>                                                                             | <i>Horizontal</i>                                                                              | <i>Horizontal</i>                                                                             | <i>Horizontal</i>                                                                                        | <i>Horizontal</i>                                                        |

|                              |                                                 |                                                 |                                                 |                                                 |                                                 |
|------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| <b>Submersibility</b>        | <i>Dry</i>                                      | <i>Dry</i>                                      | <i>Dry</i>                                      | <i>Dry</i>                                      | <i>Dry</i>                                      |
| <b>Jenis pompa</b>           | <i>Centrifugal</i>                              | <i>Centrifugal</i>                              | <i>Centrifugal</i>                              | <i>Centrifugal</i>                              | <i>Centrifugal</i>                              |
| <b>Motor power, Watt</b>     | 186,425                                         | 186,425                                         | 37,285                                          | 37,285                                          | 559,275                                         |
| <b>Material construction</b> | <i>Stainless steel SA-167 grade 11 type 316</i> | <i>Stainless steel SA-167 grade 11 type 316</i> | <i>Stainless steel SA-167 grade 11 type 316</i> | <i>Stainless steel SA-167 grade 11 type 316</i> | <i>Stainless steel SA-167 grade 11 type 316</i> |
| <b>Harga, Rp</b>             | 8.912.224                                       | 8.912.224                                       | 1.965.196                                       | 1.965.196                                       | 118.829.657                                     |

Tabel 3. 9 Spesifikasi Pompa (lanjutan)

| <b>Spesifikasi</b>                   | <b>Pompa</b>                                                                |                                                                                        |                                                                                      |                                                                                     |                                                                               |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Kode</b>                          | <b>P – 06</b>                                                               | <b>P – 07</b>                                                                          | <b>P – 08</b>                                                                        | <b>P – 09</b>                                                                       | <b>P – 10</b>                                                                 |
| <b>Tujuan/Fungsi peruntukan alat</b> | Mengalirkan hasil keluaran dari reaktor (R – 01) menuju ke reaktor (R – 01) | Mengalirkan hasil keluaran dari reaktor (R – 02) menuju ke <i>neutralizer</i> (N – 01) | Mengalirkan hasil keluaran dari <i>neutralizer</i> (N – 01) menuju dekanter (D – 01) | Mengalirkan hasil keluaran dari dekanter (D – 01) menuju menara distilasi (MD – 01) | Mengalirkan hasil menara distilasi (MD – 01) menuju <i>reboiler</i> (RB – 01) |
| <b>Nama bahan yang dipompa</b>       | Fenol, benzene, formaldehid, air, asam sulfat                               | Fenol, benzene, formaldehid, asam sulfat, air, novolak.                                | Fenol, benzene, formaldehid, novolak, air, natrium sulfat.                           | Fenol, benzene, novolak                                                             | Fenol, novolak                                                                |
| <b>Viskositas, cP</b>                | 0,697                                                                       | 1,439                                                                                  | 1,747                                                                                | 0,358                                                                               | 0,403                                                                         |

|                                     |                                                 |                                                 |                                                 |                                                 |                                                 |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| <b>Kapasitas, m<sup>3</sup>/jam</b> | 5,263                                           | 4,990                                           | 3,061                                           | 0,596                                           | 4,475                                           |
| <b><i>Pump head, m</i></b>          | 3,518                                           | 2,981                                           | 3,650                                           | 1,703                                           | 8,343                                           |
| <b>Suhu fluida, °C</b>              | 140                                             | 140                                             | 30                                              | 30                                              | 245                                             |
| <b>Tekanan, atm</b>                 | 1                                               | 1                                               | 1                                               | 1                                               | 1                                               |
| <b>Instalasi</b>                    | <i>Horizontal</i>                               | <i>Horizontal</i>                               | <i>Horizontal</i>                               | <i>Horizontal</i>                               | <i>Horizontal</i>                               |
| <b><i>Submersibility</i></b>        | <i>Dry</i>                                      | <i>Dry</i>                                      | <i>Dry</i>                                      | <i>Dry</i>                                      | <i>Dry</i>                                      |
| <b>Jenis pompa</b>                  | <i>Centrifugal</i>                              | <i>Centrifugal</i>                              | <i>Centrifugal</i>                              | <i>Centrifugal</i>                              | <i>Centrifugal</i>                              |
| <b><i>Motor power, Watt</i></b>     | 372,850                                         | 372,850                                         | 372,850                                         | 745,700                                         | 745,700                                         |
| <b><i>Material construction</i></b> | <i>Stainless steel SA-167 grade 11 type 316</i> | <i>Stainless steel SA-167 grade 11 type 316</i> | <i>Stainless steel SA-167 grade 11 type 316</i> | <i>Stainless steel SA-167 grade 11 type 316</i> | <i>Stainless steel SA-167 grade 11 type 316</i> |
| <b>Harga, Rp</b>                    | 10.397.595                                      | 10.397.595                                      | 9.803.447                                       | 5.941.483                                       | 10.991.743                                      |

Tabel 3. 10 Spesifikasi Pompa (lanjutan)

| <b>Spesifikasi</b>                   | <b>Pompa</b>                                                               |                                                                  |                                                                           |                                                |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| <b>Kode</b>                          | <b>P – 11</b>                                                              | <b>P – 12</b>                                                    | <b>P – 13</b>                                                             | <b>P-14</b>                                    |
| <b>Tujuan/Fungsi peruntukan alat</b> | Mengalirkan hasil kondenser (CD – 01) menuju <i>accumulator</i> (ACC – 01) | Mengalirkan hasil keluaran dari akumulator (ACC – 01) menuju UPL | Mengalirkan hasil <i>reboiler</i> (RB – 01) menuju tangki produk (T – 05) | Mengalirkan hasil dekanter (D – 01) menuju UPL |

| <b>Nama bahan yang dipompa</b>      | Fenol, benzene, novolak                         | Fenol, benzene, novolak                         | Fenol, novolak                                  | Fenol, benzene, formaldehid, air, novolak, natrium sulfat |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| <b>Viskositas, cP</b>               | 0,403                                           | 0,385                                           | 0,406                                           | 3,448                                                     |
| <b>Kapasitas, m<sup>3</sup>/jam</b> | 4,475                                           | 0,068                                           | 3,315                                           | 5,932                                                     |
| <b>Pump head, m</b>                 | 4,278                                           | 0,045                                           | 8,150                                           | 5,958                                                     |
| <b>Suhu fluida, °C</b>              | 172                                             | 199                                             | 245                                             | 30                                                        |
| <b>Tekanan, atm</b>                 | 1                                               | 1                                               | 1                                               | 1                                                         |
| <b>Instalasi</b>                    | <i>Horizontal</i>                               | <i>Horizontal</i>                               | <i>Horizontal</i>                               | <i>Horizontal</i>                                         |
| <b>Submersibility</b>               | <i>Dry</i>                                      | <i>Dry</i>                                      | <i>Dry</i>                                      | <i>Dry</i>                                                |
| <b>Jenis pompa</b>                  | <i>Centrifugal</i>                              | <i>Centrifugal</i>                              | <i>Centrifugal</i>                              | <i>Centrifugal</i>                                        |
| <b>Motor power, Watt</b>            | 1118,550                                        | 745,700                                         | 745,700                                         | 559,275                                                   |
| <b>Material construction</b>        | <i>Stainless steel SA-167 grade 11 type 316</i> | <i>Stainless steel SA-167 grade 11 type 316</i> | <i>Stainless steel SA-167 grade 11 type 316</i> | <i>Stainless steel SA-167 grade 11 type 316</i>           |
| <b>Harga, Rp</b>                    | 10.991.743                                      | 3.930.392                                       | 8.912.224                                       | 10.397.595                                                |

### 3.3.5 Spesifikasi Alat Penukar Panas

#### a. Cooler

Tabel 3. 11 Spesifikasi Cooler

| Spesifikasi                            | Cooler                                                                           |       |                                                                               |         |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Kode                                   | CL – 01                                                                          |       | CL – 02                                                                       |         |
| Fungsi                                 | Mendinginkan fluida keluaran reaktor (R – 01) menuju <i>neutralizer</i> (N – 01) |       | Mendinginkan fluida keluaran <i>reboiler</i> (RB – 01) menuju tangki (T – 05) |         |
| Jenis                                  | Double pipe                                                                      |       | Double pipe                                                                   |         |
| Media Pendingin                        | Air pendingin                                                                    |       | Air pendingin                                                                 |         |
| Kondisi Operasi                        |                                                                                  |       |                                                                               |         |
|                                        | Annulus                                                                          | Tube  | Annulus                                                                       | Tube    |
| Suhu Masuk, °C                         | 25                                                                               | 140   | 30                                                                            | 245,380 |
| Suhu Keluar, °C                        | 40                                                                               | 30    | 40                                                                            | 35      |
| Tekanan, atm                           | 1                                                                                | 1     | 1                                                                             | 1       |
| Beban Pendingin, btu/jam               | 959.714,107                                                                      |       | 660.320,140                                                                   |         |
| A, Luas tranfer panas, ft <sup>2</sup> | 152,847                                                                          |       | 68,020                                                                        |         |
| Mechanical Design                      |                                                                                  |       |                                                                               |         |
|                                        | Annulus                                                                          | Tube  | Annulus                                                                       | Tube    |
| Length, ft                             | 12                                                                               |       | 12                                                                            |         |
| Hairpin, buah                          | 17                                                                               |       | 7                                                                             |         |
| ID, in                                 | 2,469                                                                            | 1,38  | 2,469                                                                         | 1,38    |
| OD, in                                 | 2,88                                                                             | 1,66  | 2,88                                                                          | 1,66    |
| Pressure drop, psi                     | 1,021                                                                            | 0,197 | 1,083                                                                         | 0,058   |
| Rd                                     | 0,0198                                                                           |       | 0,0091                                                                        |         |
| Harga, Rp                              | 113.981.382                                                                      |       | 607.245.641                                                                   |         |

b. Heater

Tabel 3. 12 Spesifikasi *Heater*

| Spesifikasi                 | Heater                                                            |      |                                                                |      |                                                                                |      |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------|------|----------------------------------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------------------|------|
| Kode                        | HE – 01                                                           |      | HE – 02                                                        |      | HE – 03                                                                        |      |
| Fungsi                      | Memanaskan fluida keluaran mixer (M – 01) menuju reaktor (R – 01) |      | Memanaskan fluida dari tangki (T – 03) menuju reaktor (R – 01) |      | Memanaskan fluida keluaran dekanter (D – 01) menuju menara distilasi (MD – 01) |      |
| Jenis                       | Double pipe                                                       |      | Double pipe                                                    |      | Double pipe                                                                    |      |
| Media Pemanas               | Steam                                                             |      | Steam                                                          |      | steam                                                                          |      |
| Kondisi Operasi             |                                                                   |      |                                                                |      |                                                                                |      |
|                             | Annulus                                                           | Tube | Annulus                                                        | Tube | Annulus                                                                        | Tube |
| Suhu masuk, °C              | 30                                                                | 250  | 30                                                             | 250  | 30                                                                             | 250  |
| Suhu keluar, °C             | 140                                                               | 250  | 140                                                            | 250  | 220,526                                                                        | 250  |
| Tekanan, atm                | 1                                                                 | 1    | 1                                                              | 1    | 1                                                                              | 1    |
| Beban panas, btu/jam        | 1.120.965,470                                                     |      | 84,564                                                         |      | 753.989,146                                                                    |      |
| A, Luas transfer panas, ft² | 78,484                                                            |      | 0,012                                                          |      | 80,352                                                                         |      |
| Mechanical Design           |                                                                   |      |                                                                |      |                                                                                |      |
|                             | Annulus                                                           | Tube | Annulus                                                        | Tube | Annulus                                                                        | Tube |
| Length, ft                  | 12                                                                |      | 12                                                             |      | 12                                                                             |      |

|                                  |            |       |             |              |            |       |
|----------------------------------|------------|-------|-------------|--------------|------------|-------|
| <b><i>Hairpin, buah</i></b>      | 9          |       | 1           |              | 5          |       |
| <b>ID, in</b>                    | 2,469      | 1,38  | 2,469       | 1,38         | 2,469      | 1,38  |
| <b>OD, in</b>                    | 2,88       | 1,66  | 2,88        | 1,66         | 2,88       | 1,66  |
| <b><i>Pressure drop, psi</i></b> | 0,199      | 0,055 | 0,000000973 | 0,0000000507 | 0,069      | 0,026 |
| <b>Rd</b>                        | 0,0196     |       | 30,150      |              | 0,009      |       |
| <b>Harga, Rp</b>                 | 90.399.027 |       | 90.399.027  |              | 90.399.027 |       |

c. Kondensor

Tabel 3. 13 Spesifikasi Kondensor

|                                         |                                                           |        |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------|
| Spesifikasi                             | Kondensor                                                 |        |
| Kode                                    | CD – 01                                                   |        |
| Fungsi                                  | Mengembunkan keluaran uap dari menara distilasi (MD – 01) |        |
| Jenis                                   | Shell and Tube                                            |        |
| Media Pendingin                         | Air pendingin                                             |        |
| Kondisi Operasi                         |                                                           |        |
| Tekanan, atm                            | 1                                                         |        |
| Beban Pendingin, btu/jam                | 595.015,319                                               |        |
| A, Luas transfer panas, ft <sup>2</sup> | 226,673                                                   |        |
| Mechanical Design                       |                                                           |        |
| Shell                                   |                                                           |        |
| ID, in                                  | 29                                                        |        |
| Passes                                  | 2                                                         |        |
| Pitch                                   | Triangular Pitch                                          |        |
| Baffle Spacing                          | 0,75                                                      |        |
| Tube                                    |                                                           |        |
| ID, in                                  | 1,04                                                      |        |
| OD, in                                  | 1,25                                                      |        |
| BWG                                     | 18                                                        |        |
| Panjang tube, ft                        | 18                                                        |        |
| Passes                                  | 2                                                         |        |
|                                         | Shell                                                     | Tube   |
| Pressure drop, psi                      | 0,0002                                                    | 0,0159 |
| Rd                                      | 0,024                                                     |        |
| Harga, Rp                               | 51.095.102                                                |        |

d. Reboiler

Tabel 3. 14 Spesifikasi Reboiler

| Spesifikasi   | Reboiler                                                                          |  |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--|
| Kode          | RB – 01                                                                           |  |
| Fungsi        | Menguapkan cairan yang keluar dari menara distilasi (MD – 01) sebagai hasil bawah |  |
| Jenis         | <i>Kettle Reboiler</i>                                                            |  |
| Media Pemanas | <i>steam</i>                                                                      |  |

| Kondisi Operasi             |                  |       |
|-----------------------------|------------------|-------|
| Tekanan, atm                | 1                |       |
| Beban Panas, btu/jam        | 595.051,319      |       |
| A, Luas transfer panas, ft² | 689,751          |       |
| Mechanical Design           |                  |       |
| Shell                       |                  |       |
| ID, in                      | 29               |       |
| Passes                      | 2                |       |
| Pitch                       | Triangular Pitch |       |
| Baffle Spacing              | 0,75             |       |
| Tube                        |                  |       |
| ID, in                      | 0,652            |       |
| OD, in                      | 0,750            |       |
| BWG                         | 18               |       |
| Panjang tube, ft            | 18               |       |
| Passes                      | 2                |       |
|                             | Shell            | Tube  |
| Pressure drop, psi          | 0,00002          | 0,365 |
| Rd                          | 0,059            |       |
| Harga, Rp                   | 271.197.082      |       |

### 3.4 Neraca Massa

#### 3.4.1 Neraca Massa Total

Tabel 3. 15 Neraca Massa Total

| Komponen                                       | Masuk (Kg/Jam)    | Keluar (Kg/Jam)  |           |
|------------------------------------------------|-------------------|------------------|-----------|
|                                                |                   | Produk           | UPL       |
| C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH               | 2187,507          | 7,394            | 465,107   |
| C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>                  | 22,096            |                  | 22,096    |
| CH <sub>2</sub> O                              | 558,511           |                  | 11,171    |
| H <sub>2</sub> O                               | 951,899           |                  | 1.280,082 |
| (C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O) <sub>n</sub> |                   | 1886,544         | 47,398    |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                 | 0,548             |                  |           |
| NaOH                                           | 0,447             |                  |           |
| Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                |                   |                  | 0.793     |
| Subtotal                                       | 3.720,584         | 1.893,939        | 1.826,645 |
| <b>Total</b>                                   | <b>3.720.5840</b> | <b>3.720,584</b> |           |

#### 3.4.2 Neraca Massa Alat

##### a. Neraca Massa di *Mixer* (M – 01)

Tabel 3. 16 Neraca Massa *Mixer* (M – 01)

| No.          | Komponen                         | Masuk (Kg/Jam)   |           | Keluar (Kg/Jam)  |
|--------------|----------------------------------|------------------|-----------|------------------|
|              |                                  | Arus 1           | Arus 2    | Arus 3           |
| 1.           | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH | 2.187,507        | 219.293   | 2.041,674        |
| 2.           | C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>    | 22,096           | 22.096    | 20,623           |
| 3.           | CH <sub>2</sub> O                | 558.512          | 558.512   | 521,278          |
| 4.           | H <sub>2</sub> O                 | 950.980          | 950.980   | 887,582          |
| Subtotal     |                                  | 2.209,602        | 1.509,492 | 3.719.095        |
| <b>Total</b> |                                  | <b>3.718,469</b> |           | <b>3.718,469</b> |

b. Neraca Massa di Reaktor (R – 01)

Tabel 3. 17 Neraca Massa Reaktor (R – 01)

| No.          | Komponen                                       | Masuk (Kg/Jam) |        | Keluar (Kg/Jam) |
|--------------|------------------------------------------------|----------------|--------|-----------------|
|              |                                                | Arus 3         | Arus 4 | Arus 5          |
| 1.           | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH               | 2.187,507      |        | 700             |
| 2.           | C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>                  | 22,096         |        | 22              |
| 3.           | CH <sub>2</sub> O                              | 558,512        |        | 84              |
| 4.           | H <sub>2</sub> O                               | 950,980        | 0,011  | 1,236           |
| 5.           | (C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O) <sub>n</sub> |                |        | 1,677           |
| 6.           | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                 |                | 0,547  | 1               |
| Subtotal     |                                                | 3.719,095      | 0,558  | 3.720           |
| <b>Total</b> |                                                | <b>3.720</b>   |        | <b>3.720</b>    |

c. Neraca Massa di Reaktor (R – 02)

Tabel 3. 18 Neraca Massa Reaktor (R – 02)

| No.          | Komponen                                       | Masuk (Kg/Jam)   | Keluar (Kg/Jam)  |
|--------------|------------------------------------------------|------------------|------------------|
|              |                                                | Arus 5           | Arus 6           |
| 1.           | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH               | 700,002          | 472.501          |
| 2.           | C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>                  | 22,096           | 22.096           |
| 3.           | CH <sub>2</sub> O                              | 83,777           | 11.171           |
| 4.           | H <sub>2</sub> O                               | 1.235,832        | 1279.396         |
| 5.           | (C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O) <sub>n</sub> | 1.677,399        | 1933.941         |
| 6.           | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                 | 0,547            | 0.547            |
| <b>Total</b> |                                                | <b>3.719,653</b> | <b>3.719,653</b> |

d. Neraca Massa di *Neutralizer* (N – 01)

Tabel 3. 19 Neraca Massa *Neutralizer* (N – 01)

| No. | Komponen                                       | Masuk (Kg/Jam) |        | Keluar (Kg/Jam) |
|-----|------------------------------------------------|----------------|--------|-----------------|
|     |                                                | Arus 6         | Arus 7 | Arus 8          |
| 1.  | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH               | 472,501        |        | 472,501         |
| 2.  | C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>                  | 22,096         |        | 22,096          |
| 3.  | CH <sub>2</sub> O                              | 11,171         |        | 11,171          |
| 4.  | H <sub>2</sub> O                               | 1.279,396      | 0,484  | 1.231,868       |
| 5.  | (C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O) <sub>n</sub> | 1.933,941      |        | 1.933,941       |
| 6.  | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                 | 0,547          |        |                 |

|              |                                 |                  |       |                  |
|--------------|---------------------------------|------------------|-------|------------------|
| 7.           | NaOH                            |                  | 0,447 |                  |
| 8.           | Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> |                  |       | 0,850            |
| Subtotal     |                                 | 3.719,653        | 0,931 | 3.720,584        |
| <b>Total</b> |                                 | <b>3.720,584</b> |       | <b>3.720,584</b> |

e. Neraca Massa di Dekanter (D – 01)

Tabel 3. 20 Neraca Massa Dekanter (D – 01)

| No.          | Komponen                                       | Masuk (Kg/Jam)   | Keluar (Kg/Jam)    |           |
|--------------|------------------------------------------------|------------------|--------------------|-----------|
|              |                                                | Arus 8           | Arus 9 (Masuk UPL) | Arus 10   |
| 1.           | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH               | 472,501          | 102,791            | 396,119   |
| 2.           | C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>                  | 22,096           | 2,893              | 20,575    |
| 3.           | CH <sub>2</sub> O                              | 11,171           | 11,171             |           |
| 4.           | H <sub>2</sub> O                               | 1.231,868        | 1.231,868          |           |
| 5.           | (C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O) <sub>n</sub> | 1.933,941        | 8,896              | 1.373,773 |
| 6.           | Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                | 0,793            | 0,793              |           |
| Subtotal     |                                                | 3.720,584        | 1.406,625          | 2313.959  |
| <b>Total</b> |                                                | <b>3.720,584</b> | <b>3.720,584</b>   |           |

f. Neraca Massa di Menara Distilasi (MD – 01)

Tabel 3. 21 Neraca Massa Menara Distilasi (MD – 01)

| No.          | Komponen                                       | Masuk (Kg/Jam)   | Keluar (Kg/Jam)               |                     |
|--------------|------------------------------------------------|------------------|-------------------------------|---------------------|
|              |                                                | Arus 10          | Arus 11 (Masuk Tangki Produk) | Arus 12 (Masuk UPL) |
| 1.           | C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>                  | 17,923           |                               | 17,923              |
| 2.           | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH               | 345,064          | 6,901                         | 338,162             |
| 3.           | (C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O) <sub>n</sub> | 1.796,710        | 1760,775                      | 35,934              |
| Subtotal     |                                                | 2.159,696        | 1767,677                      | 392,019             |
| <b>Total</b> |                                                | <b>2.159,696</b> | <b>2.159,696</b>              |                     |

### 3.5 Neraca Panas

#### 3.5.1 Reaktor (R – 01)

Tabel 3. 22 Neraca Panas Reaktor (R – 01)

| Komponen     | Masuk (KJ/Jam)       | Keluar (KJ/Jam)      |
|--------------|----------------------|----------------------|
| Q Masuk      | 1.233.230,186        |                      |
| Q Keluar     |                      | 1.089.908,698        |
| Q Reaksi     | 687.121,667          |                      |
| Q Pendingin  |                      | 801.699,264          |
| <b>Total</b> | <b>1.920.351,854</b> | <b>1.920.351,854</b> |

#### 3.5.2 Reaktor (R – 02)

| Komponen     | Masuk (KJ/Jam)       | Keluar (KJ/Jam)      |
|--------------|----------------------|----------------------|
| Q Masuk      | 1.089.908,698        |                      |
| Q Keluar     |                      | 1.067.988,940        |
| Q Reaksi     | 105.089,196          |                      |
| Q Pendingin  |                      | 127.008,953          |
| <b>Total</b> | <b>1.194.997,894</b> | <b>1.194.997,894</b> |

#### 3.5.3 *Neutralizer* (N – 01)

Tabel 3. 23 Neraca Panas *Neutralizer* (N – 01)

| Komponen     | Masuk (KJ/Jam)    | Keluar (KJ/Jam)   |
|--------------|-------------------|-------------------|
| Q Masuk      | 45.389,678        |                   |
| Q Keluar     |                   | 45.391,352        |
| Q Reaksi     | 1.042,259         |                   |
| Q Pendingin  |                   | 1.040,584         |
| <b>Total</b> | <b>46.431,937</b> | <b>46.431,937</b> |

#### 3.5.4 Menara Distilasi (MD – 01)

Tabel 3. 24 Neraca Panas Menara Distilasi (MD – 01)

| Komponen    | Masuk (KJ/Jam) | Keluar (KJ/Jam) |
|-------------|----------------|-----------------|
| Q Masuk     | 815.108,437    |                 |
| Q Distilat  |                | 157.339,452     |
| Q Bottom    |                | 726.618,279     |
| Q Kondenser | 49.000,888     |                 |

|                   |                    |                    |
|-------------------|--------------------|--------------------|
| <i>Q Reboiler</i> | 19.848,405         |                    |
| <b>Total</b>      | <b>883.957,730</b> | <b>883.957,730</b> |

### 3.5.5 Heater 1 (HE – 01)

Tabel 3. 25 Neraca Panas *Heater 1* (HE – 01)

| <b>Komponen</b> | <b>Masuk (KJ/Jam)</b> | <b>Keluar (KJ/Jam)</b> |
|-----------------|-----------------------|------------------------|
| Q Masuk         | 50.455,763            |                        |
| Q Keluar        |                       | 1.233.137,094          |
| Q Pemanas       | 1.182.681,330         |                        |
| <b>Total</b>    | <b>1.233.137,094</b>  | <b>1.233.137,094</b>   |

### 3.5.6 Heater 2 (HE – 02)

Tabel 3. 26 Neraca Panas *Heater 2* (HE – 02)

| <b>Komponen</b> | <b>Masuk (KJ/Jam)</b> | <b>Keluar (KJ/Jam)</b> |
|-----------------|-----------------------|------------------------|
| Q Masuk         | 3,873                 |                        |
| Q Keluar        |                       | 93,093                 |
| Q Pemanas       | 89,220                |                        |
| <b>Total</b>    | <b>93,093</b>         | <b>93,093</b>          |

### 3.5.7 Heater 3 (HE – 03)

Tabel 3. 27 Neraca Panas *Heater 3* (HE – 03)

| <b>Komponen</b> | <b>Masuk (KJ/Jam)</b> | <b>Keluar (KJ/Jam)</b> |
|-----------------|-----------------------|------------------------|
| Q Masuk         | 19.041,543            |                        |
| Q Keluar        |                       | 814.542,305            |
| Q Pemanas       | 795.500,762           |                        |
| <b>Total</b>    | <b>814.542,305</b>    | <b>814.542,305</b>     |

### 3.5.8 Cooler 1 (CL – 01)

Tabel 3. 28 Neraca Panas *Cooler 1* (CL – 01)

| <b>Komponen</b> | <b>Masuk (KJ/Jam)</b> | <b>Keluar (KJ/Jam)</b> |
|-----------------|-----------------------|------------------------|
| Q Masuk         | 1.057.481,356         |                        |
| Q Keluar        |                       | 44.929,242             |

|              |                      |                      |
|--------------|----------------------|----------------------|
| Q Pendingin  |                      | 1.012.552,114        |
| <b>Total</b> | <b>1.057.481,356</b> | <b>1.057.481,356</b> |

### 3.5.9 Cooler 2 (CL – 02)

Tabel 3. 29 Neraca Panas Cooler 2 (CL – 02)

| <b>Komponen</b> | <b>Masuk (KJ/Jam)</b> | <b>Keluar (KJ/Jam)</b> |
|-----------------|-----------------------|------------------------|
| Q Masuk         | 726.449,220           |                        |
| Q Keluar        |                       | 29.774,503             |
| Q Pendingin     |                       | 696.674,717            |
| <b>Total</b>    | <b>726.449,220</b>    | <b>726.449,220</b>     |

## **BAB IV**

### **PERANCANGAN PABRIK**

#### **4.1 Lokasi Pabrik**

Pemilihan lokasi merupakan hal yang penting dalam perancangan suatu pabrik, karena berhubungan langsung dengan nilai ekonomis dari pabrik yang akan didirikan. Pabrik novolak resin dari fenol dan formaldehid dengan kapasitas 15.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di Desa Terate, Kecamatan Kramatwatu, Kabupaten Serang, Banten.



Gambar 4. 1 Lokasi Pendirian Pabrik

Adapun pertimbangan - pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik yang dirancang secara teknis dan menguntungkan secara ekonomis. Faktor-faktor tersebut antara lain :

#### **4.1.1. Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik**

Faktor primer adalah faktor yang memengaruhi produksi dan distribusi dari pabrik. Faktor ini berpengaruh terhadap kelancaran dan kelangsungan pabrik. Faktor primer meliputi :

a. Penyediaan Bahan Baku

Lokasi pabrik didirikan sebaiknya berada didekat dengan pabrik penyuplai bahan baku. Hal ini dikarenakan supaya dalam pengiriman bahan baku berjalan lancar dengan waktu yang efisien serta biaya yang minimum. Bahan baku dikirim melalui jalur darat.

Bahan baku utama yaitu fenol yang direncanakan diperoleh dari PT. Kumenindo Kridanusa, Balongan, Jawa Barat. Formaldehid dari PT. Dover Chemical, Cilegon, Banten. Asam sulfat dari PT. Indo Sukses Sentra Usaha, Serang, Banten. Natrium Hidroksida dari PT. Pindo Deli Pulp and Paper Mills, Karawang, Jawa Barat.

b. Pemasaran Produk

Produk novolak resin banyak dibutuhkan oleh industri kayu. Lokasi pabrik di Serang, Banten cukup strategis karena banyak di sekitar daerah Serang terdapat banyak sekali industri-industri kayu dan dekat dengan Pelabuhan, seperti Pelabuhan Merak. Sehingga mempermudah pemasaran dalam negeri, dan juga luar negeri. Dalam pemasarannya, pengemasan produk dikemas dalam drum, menggunakan truk. Untuk pengiriman luar pulau dan ekspor, dapat menggunakan kapal.

c. Utilitas

Utilitas sebagai unit pendukung mempunyai peranan penting dalam kelangsungan pabrik. Unit utilitas meliputi kebutuhan air dan listrik. Air merupakan kebutuhan yang penting dalam industri kimia. Air banyak digunakan sebagai media pendingin, sanitasi, *steam*, serta kebutuhan lain. Kebutuhan air dapat dipenuhi dengan baik dan ekonomis karena kawasan pabrik dekat dengan sumber aliran air, yaitu Kali Berung.

Kebutuhan listrik dapat disuplai dari PT. PLN (Persero) setempat, serta untuk menjamin operasional pabrik, maka pabrik memiliki generator dan boiler dengan bahan bakar solar. Untuk bahan bakar sendiri yang berupa solar ini dapat diperoleh dari PT. Pertamina.

d. Tenaga Kerja

Tenaga kerja berpendidikan menengah atau kejuruan dapat diperoleh dari daerah sekitar pabrik dan tenaga ahli dapat diperoleh dari berbagai perguruan tinggi dari daerah sekitar maupun luar daerah. Sebagai kawasan industri, daerah ini merupakan salah satu tujuan para tenaga kerja untuk mencari pekerjaan. Berdirinya pabrik novolak resin ini diharapkan dapat memberikan peluang kerja bagi para tenaga kerja tersebut.

e. Transportasi

Lokasi pabrik terletak dekat dengan jalan raya dan Pelabuhan sehingga dapat mempermudah pembelian bahan baku dan pemasaran produk, baik melalui jalur darat maupun laut

. Jalur darat dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan pemasaran dalam negeri, sedangkan jalur laut digunakan untuk memenuhi kebutuhan pemasaran dalam dan luar negeri.

#### **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 itu sendiri. Faktor-faktor sekunder meliputi:

##### **a. Perluasan Areal Unit**

Pada pendirian suatu pabrik hendaknya mempertimbangkan rencana perluasan pabrik untuk beberapa tahun kedepannya. Saat pemilihan lokasi pendirian pabrik harus daerah yang mempunyai cukup lahan. Hal ini digunakan agar suatu saat nanti saat akan dilakukan perluasan area maka tidak ada kesulitan dalam mencari lahan perluasan.

##### **b. Perizinan**

Lokasi pabrik dipilih pada daerah khusus untuk Kawasan industri, sehingga akan memperoleh kemudahan untuk mengurus perizinan pendirian pabrik. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam pengaturan tata letak pabrik diantaranya:

- Keamanan kerja terpenuhi.
- Pengoperasian, pengontrolan, pemindahan maupun perbaikan semua peralatan proses dapat dilakukan dengan mudah dan aman.

- Pemanfaatan area tanah seefisien mungkin.
- Transportasi yang baik dan efisien.

c. Prasarana dan Fasilitas Sosial

Lingkungan prasarana dan fasilitas sosial yang dimaksud seperti jalan dan transportasi lainnya harus tersedia, penyediaan bengkel industri, dan fasilitas umum lainnya seperti rumah sakit, sekolah, bank dan sarana ibadah.

d. Lingkungan Masyarakat Sekitar

Sikap masyarakat sekitar cukup terbuka karena sudah terbiasa dengan adanya industri, karena dengan pendirian pabrik baru akan tersedianya lapangan pekerjaan bagi mereka, sehingga terjadi peningkatan kesejahteraan masyarakat setelah pabrik-pabrik didirikan.

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

Tata letak pabrik atau *plant layout* merupakan suatu kedudukan dari suatu bagian-bagian pabrik yang meliputi tempat perkantoran, lalu lintas karyawan, tempat peralatan, tempat penyimpanan bahan baku, tempat alat proses, dan produk yang saling berhubungan. Tata letak pabrik ini dirancang sedemikian rupa. Sehingga pengguna area pabrik lebih efisien dan proses produksi dipabrik dapat berjalan lancar tanpa ada masalah keamanan, keselamatan, dan kenyamanan bagi karyawan dapat terpenuhi. Selain peralatan proses dan utilitas, terdapat beberapa bangunan lainnya yakni, kantor, bengkel, laboratorium, kantin, poliklinik, pemadam kebakaran, pos keamanan, mesh, dan sebagainya ditempatkan pada

bagian yang tidak akan mengganggu lalu lintas, barang dan proses. Perancangan tata letak yang baik memiliki keuntungan yang baik yakni (Peters et al., 2003):

1. Mengurangi biaya produksi.
2. Meningkatkan pengawasan operasi dan proses.
3. Meningkatkan keselamatan kerja.
4. Mengurangi jarak transportasi produksi dan bahan baku, sehingga dapat mengurangi *material handling*.
5. Dapat memberikan ruang bergerak untuk mempermudah dalam perbaikan peralatan dan mesin ketika terjadi kerusakan.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan tata letak pabrik adalah :

a. Daerah Proses

Daerah proses merupakan daerah yang digunakan untuk menempatkan alat-alat yang berhubungan dengan proses produksi. Dimana daerah proses ini diletakkan pada daerah yang terpisah dari bagian lain.

b. Keamanan

Keamanan merupakan kemungkinan adanya bahaya ledakan kebakaran, asap atau gas beracun harus benar-benar diperhatikan dalam menentukan tata letak pabrik. Sehingga harus dilakukan penempatan alat-alat pengaman seperti hidran, penampungan air yang cukup dan penahan ledakan. Tangki penyimpanan bahan baku dan perlu adanya jarak antara bangunan satu dengan lainnya yang berguna memberikan pertolongan dan penyediaan jalan bagi karyawan untuk menyelamatkan diri.

c. Bangunan

Bangunan diharuskan memenuhi standar dan perlengkapan yang mumpuni seperti ventilasi, instalasi, dan lain-lainnya tersedia dan memenuhi syarat.

d. Luas Area yang Tersedia

Faktor yang membatasi kemampuan penyedia area yakni harga tanah. Pemakaian tempat disesuaikan dengan area yang tersedia. Jika harga tanah terlalu tinggi, maka diperlukan efisiensi dalam pemakaian ruangan hingga peralatan tertentu efisiensi dalam pemakaian ruangan hingga peralatan tertentu diletakkan di atas peralatan yang lain, ataupun lantai ruangan diatur sedemikian rupa agar menghemat tempat

e. Instalasi dan Utilitas

Pemasangan dan distribusi yang baik dari gas, udara, *steam*, dan listrik akan memudahkan kerja dan perawatan. Penempatan peralatan proses ditata dengan baik sehingga petugas dapat dengan mudah menjangkaunya dan dapat membuat kelancaran operasi serta memudahkan perawatannya.

Secara garis besar, tata letak pabrik dibagi menjadi beberapa bagian utama sebagai berikut :

a. Perkantoran/Administrasi

Daerah perkantoran merupakan pusat kegiatan administrasi dan keuangan pabrik, serta untuk urusan dengan pihak luar maupun pihak dalam pabrik itu sendiri. Daerah ini biasanya berada di bagian depan area pabrik.

b. Produksi

Daerah produksi merupakan tempat berlangsungnya kegiatan operasional produksi. Daerah ini meliputi tempat penyimpanan bahan baku dan produk, penempatan alat-alat proses dan ruangan pengendalian (*control room*). Daerah ini berada di tempat yang terpisah dengan daerah lainnya untuk tujuan keamanan.

c. Instalasi dan Utilitas

Daerah instalasi dan utilitas merupakan tempat yang menyediakan kebutuhan-kebutuhan penunjang proses, seperti kebutuhan air, steam pemanas, air pendingin, listrik dan bahan bakar.

d. Fasilitas Umum

Daerah ini merupakan pusat fasilitas umum yang dapat digunakan oleh karyawan meliputi perumahan/*mess*, poliklinik, tempat ibadah, kantin, taman dan sebagainya.

e. Keamanan

Daerah keamanan merupakan tempat untuk menyimpan alat-alat keamanan dalam rangka mengantisipasi dan meminimalisir dampak yang ditimbulkan apabila terjadi ledakan, asap, kebakaran kebocoran gas beracun dan hal lainnya. Oleh karena itu, perlu disediakan alat pemadam kebakaran di beberapa titik yang berbahaya dan dapat memicu kebakaran.

f. Pengolahan Limbah

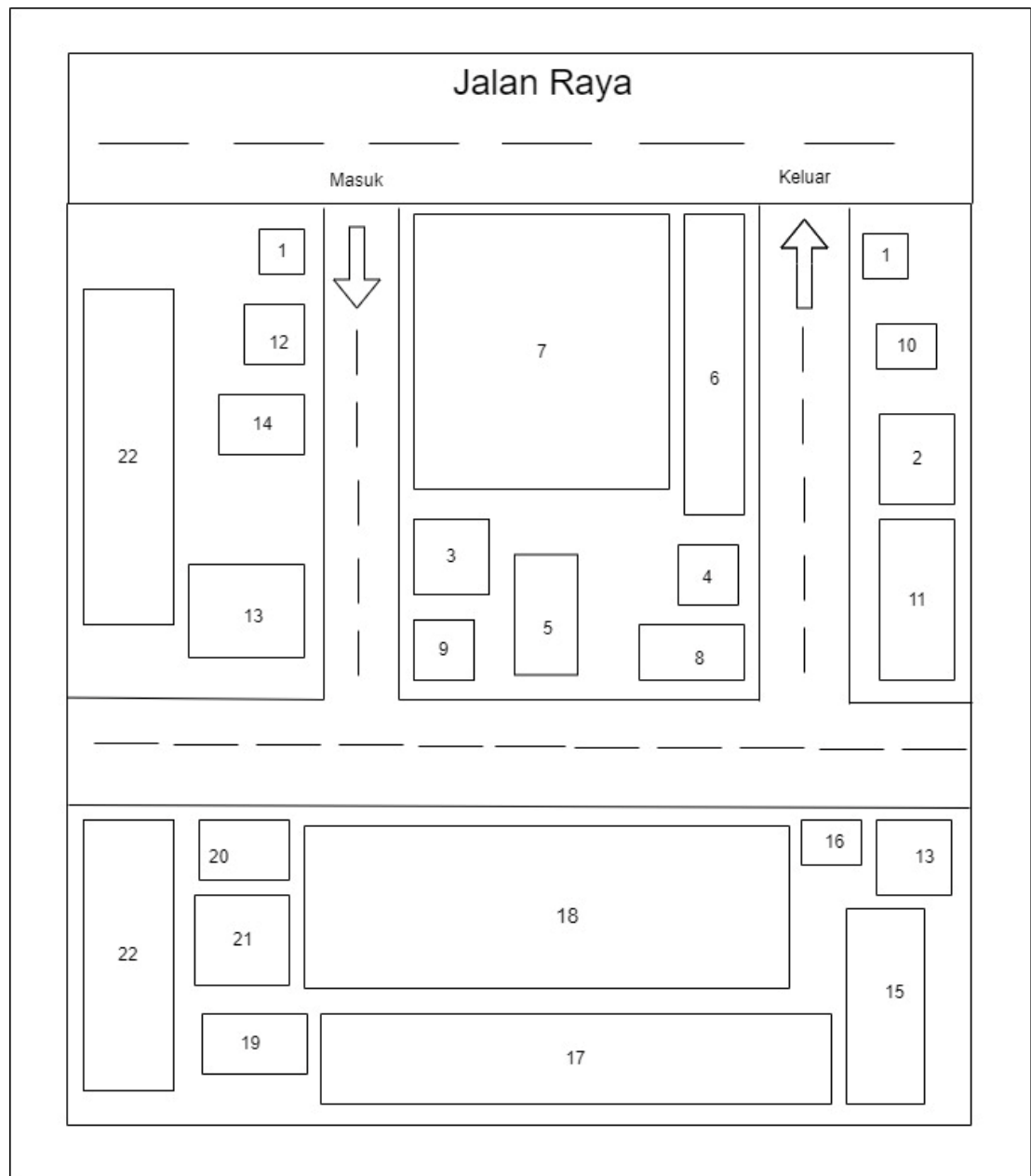
Pendirian suatu pabrik juga harus memperhatikan aspek kelestarian lingkungan. Untuk itu perlu adanya daerah khusus yang digunakan sebagai tempat pengolahan limbah agar tidak merusak lingkungan sekitar. Limbah produksi akan mengalami pengolahan dan pengujian lebih lanjut untuk memastikan batas komponen berbahaya yang terkandung sehingga aman jika dibuang ke lingkungan.

g. Perluasan

Dalam rangka mengantisipasi kemungkinan adanya peningkatan kapasitas produksi yang disebabkan oleh permintaan produk yang meningkat, perlu dipertimbangkan untuk menyediakan lahan kosong sebagai daerah perluasan pabrik apabila dibutuhkan di masa mendatang. Pembangunan pabrik novolak resin akan menggunakan area seluas 7.303 m<sup>2</sup>. Adapun rinciannya dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Rincian Luas Tanah Bangunan Pabrik

| No.                  | Nama Bangunan              | Keterangan  |           | Luas (m <sup>2</sup> ) |
|----------------------|----------------------------|-------------|-----------|------------------------|
|                      |                            | Panjang (m) | Lebar (m) |                        |
| 1                    | Pos keamanan               | 6           | 7         | 42                     |
| 2                    | Taman                      | 15          | 8         | 120                    |
| 3                    | Masjid                     | 10          | 10        | 100                    |
| 4                    | Perpustakaan               | 8           | 9         | 72                     |
| 5                    | Kantin                     | 6           | 10        | 60                     |
| 6                    | Tempat parkir              | 15          | 35        | 525                    |
| 7                    | Kantor                     | 40          | 40        | 1.600                  |
| 8                    | K3 dan <i>fire hydrant</i> | 10          | 7         | 70                     |
| 9                    | Laboratorium               | 8           | 8         | 64                     |
| 10                   | Poliklinik                 | 5           | 7         | 35                     |
| 11                   | <i>Mess</i>                | 20          | 10        | 200                    |
| 12                   | Ruang timbang truk         | 8           | 8         | 64                     |
| 13                   | Parkir truk                |             |           | 400                    |
| 14                   | Bengkel                    |             |           | 96                     |
| 15                   | Tangki bahan baku          | 12          | 8         | 600                    |
| 16                   | Ruang control              | 40          | 15        | 80                     |
| 17                   | Daerah utilitas            | 10          | 8         | 1.275                  |
| 18                   | Daerah proses              | 75          | 17        | 2.800                  |
| 19                   | UPL                        | 35          | 80        | 150                    |
| 20                   | Gudang                     | 15          | 10        | 150                    |
| 21                   | Tangki produk              | 15          | 15        | 225                    |
| 22                   | Perluasan                  |             |           | 2.250                  |
| 23                   | Jalan                      |             |           | 3.000                  |
| <b>Luas Tanah</b>    |                            |             |           | <b>13.978</b>          |
| <b>Luas Bangunan</b> |                            |             |           | <b>7.303</b>           |



(Skala 1:1000)

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

Keterangan :

- |                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| 1. Pos Keamanan | 3. Masjid       |
| 2. Taman        | 4. Perpustakaan |

- |                               |                       |
|-------------------------------|-----------------------|
| 5. Kantin                     | 15. Tangki Bahan Baku |
| 6. Tempat Parkir              | 16. Ruang Kontrol     |
| 7. Kantor                     | 17. Daerah Utilitas   |
| 8. K3 dan <i>Fire Hydrant</i> | 18. Daerah Proses     |
| 9. Laboratorium               | 19. UPL               |
| 10. Poliklinik                | 20. Gudang            |
| 11. <i>Mess</i>               | 21. Tangki Produk     |
| 12. Ruang Timbang Truk        | 22. Perluasan         |
| 13. Parkir Truk               | 23. Jalan             |
| 14. Bengkel                   |                       |

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

Perancangan tata letak mesin/alat proses pada pabrik memerlukan beberapa pertimbangan agar proses produksi dapat berjalan secara efisien, adapun pertimbangan tersebut antara lain:

a. Aliran Bahan Baku dan Produk

Aliran bahan baku dan produk yang tepat akan menunjang kelancaran proses produksi dan kemandirian produksi, serta memberikan keuntungan besar dalam bidang ekonomi karena dapat mengurangi penggunaan alat angkut sehingga mengurangi biaya modal yang tidak penting.

b. Aliran Udara

Aliran udara pada area sekitar proses perlu dipertimbangkan guna menghindari terjadinya stagnasi udara yang dapat menyebabkan akumulasi/penumpukan bahan kimia pada lokasi tertentu sehingga membahayakan keselamatan pekerja.

c. Operasi

Pengoperasian setiap alat harus selalu dikontrol dengan memanfaatkan ruang kontrol sebagai pusat pengendalian proses produksi, dengan demikian area produksi harus berdekatan dengan ruang kontrol (*control room*) guna mempermudah pengendalian proses produksi.

d. Pencahayaan

Pencahayaan yang cukup di area produksi harus dipertimbangkan untuk meminimalisir adanya kecelakaan kerja, area yang dimaksud meliputi setiap unit alat maupun jalan antar unit alat proses. Pada peralatan yang memiliki potensi bahaya yang tinggi harus dilengkapi dengan adanya penerangan tambahan.

e. Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan

Perancangan tata letak alat proses harus mempertimbangkan lalu lintas pekerja dan kendaraan agar mobilitas di area proses produksi dapat berjalan lancar dan efisien.

f. Keamanan

Perancangan tata letak alat proses harus mempertimbangkan resiko bahaya yang mungkin terjadi dalam proses produksi seperti adanya kebakaran pada pabrik, sehingga peletakan alat proses harus mudah dijangkau oleh unit pemadam kebakaran agar tidak menimbulkan korban jiwa jika terjadi kecelakaan.

g. Perawatan

Tata letak alat proses harus mempertimbangkan ruang untuk perawatan, perawatan dapat menjaga efisiensi peralatan dan memperpanjang masa pakai alat, serta menjaga keamanan dan keselamatan kerja. Contoh pengadaan ruang perawatan pada alat *heat exchanger* untuk membersihkan bagian *tube*.

h. Perluasan dan Pengembangan Pabrik

Perluasan dan pengembangan pabrik menjadi pertimbangan dalam tata letak alat proses guna mempermudah adanya penambahan kapasitas produksi jika diperlukan dikemudian hari, sehingga diperlukan penempatan alat yang tepat agar memungkinkan adanya perluasan pabrik.

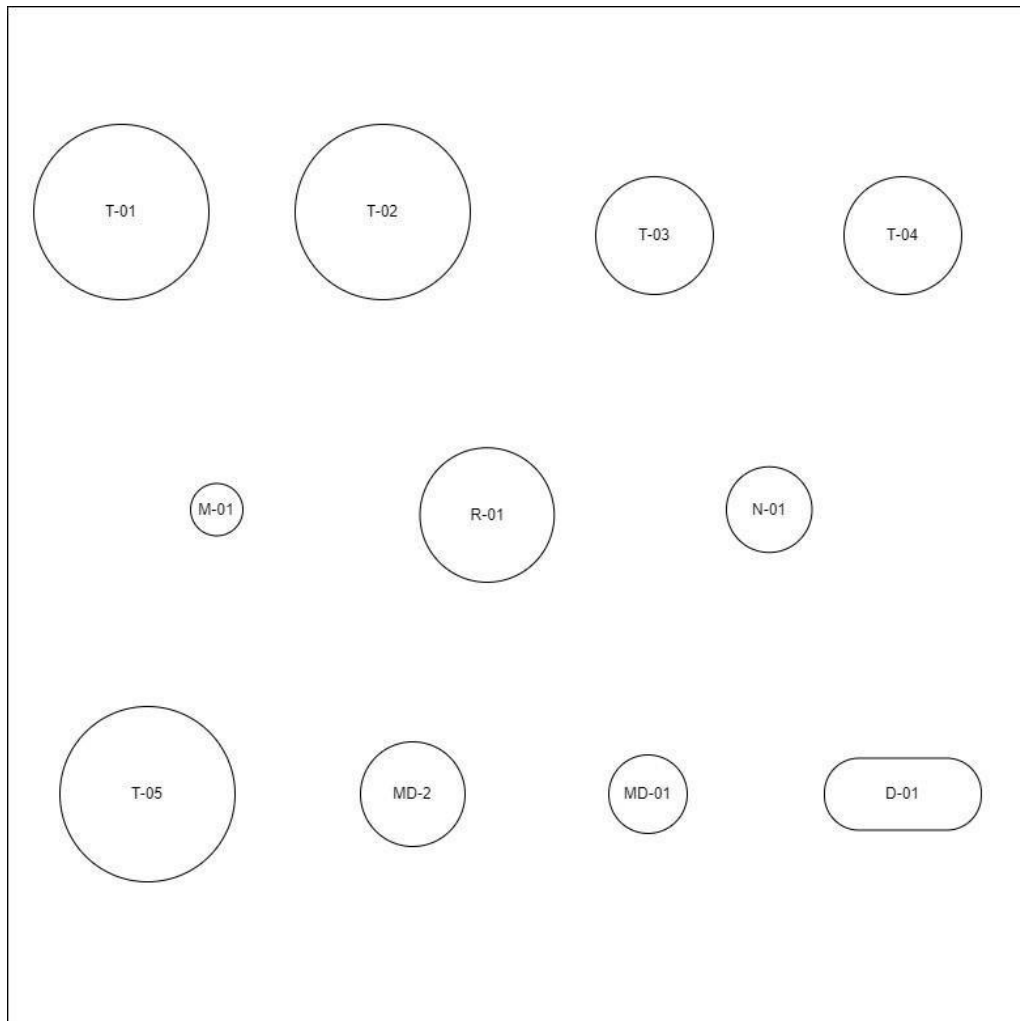
i. Pertimbangan Ekonomi

Penempatan alat-alat proses harus diatur sedemikian rupa guna meminimalisir penggunaan pipa secara berlebihan atau alat transport pada proses produksi serta meminimalkan biaya konstruksi sehingga mengurangi biaya yang tidak penting.

j. Jarak Antar Alat Proses

Jarak antar alat proses perlu dipertimbangkan demi kelancaran proses produksi, alat proses yang memiliki kondisi operasi yang ekstrim (suhu dan tekanan tinggi) harus diberi jarak yang cukup dari alat proses lainnya agar tidak mempengaruhi proses pada peralatan lain dan membahayakan keselamatan pekerja jika terjadi ledakan atau kebakaran.

Tata letak alat-alat proses (*Machines Layout*) dapat dilihat pada gambar 4.3



(Skala 1:1000)

Gambar 4. 3 Tata Letak Alat-Alat Proses (*Machines Layout*)

Keterangan Alat :

- |                            |                                   |
|----------------------------|-----------------------------------|
| 1. T – 01 : Tangki 01      | 7. R – 01 : Reaktor 1             |
| 2. T – 02 : Tangki 02      | 8. N – 01 : <i>Neutralizer</i>    |
| 3. T – 03 : Tangki 03      | 9. D – 01 : Dekanter              |
| 4. T – 04 : Tangki 04      | 10. MD – 01 : Menara distilasi 01 |
| 5. T – 05 : Tangki 05      | 11. MD – 02 : Menara distilasi 02 |
| 6. M – 01 : <i>Mixer</i> 1 |                                   |

## **4.4 Organisasi Perusahaan**

### **4.4.1 Bentuk Perusahaan**

Pabrik Novolak Resin merupakan perusahaan swasta berskala nasional dengan bentuk Perseroan Terbatas (PT). Menurut pasal 1 angka 1 UU No. 40 Tahun 2007, Perseroan Terbatas (PT) adalah: Badan hukum yang merupakan persekutuan modal, didirikan berdasarkan perjanjian, melakukan kegiatan usaha dengan modal dasar yang seluruhnya terbagi dalam saham, dan memenuhi persyaratan yang diterapkan dalam undang-undang ini. Perseroan Terbatas (PT) dipilih dengan mempertimbangkan beberapa faktor, diantaranya adalah (Niru Anita,2018):

- a. Modal mudah didapatkan yaitu dengan menjual saham perusahaan kepada masyarakat atau institusi.
- b. Modal badan usaha memiliki kekayaan terpisah dengan para perseronya.
- c. Pemegang perusahaan memiliki tanggung jawab yang sifatnya terbatas sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.
- d. Terdapat pemisahan fungsi diantara pengurus dalam hal ini direksi dengan pemegang saham.
- e. Adanya komisaris yang berfungsi sebagai pengawas.
- f. Kekuasaan tertinggi terdapat berada pada Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS).

#### 4.4.2 Struktur Organisasi

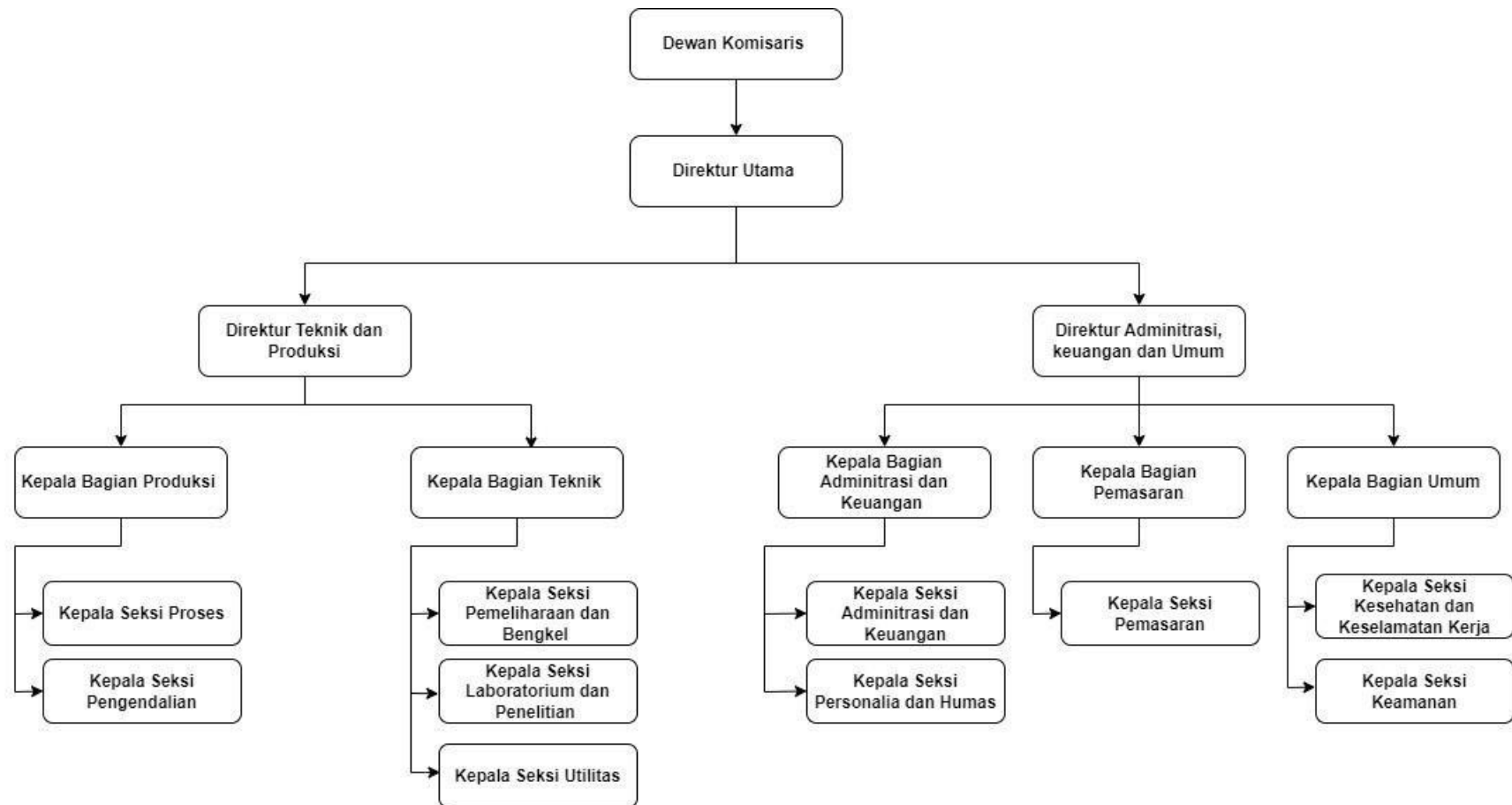
Struktur organisasi adalah sebuah gambaran pembagian dan hubungan wewenang serta tanggung jawab suatu organisasi dalam melaksanakan aktivitasnya (Nurlia, 2019). Oleh sebab itu, struktur organisasi adalah salah satu unsur yang sangat penting dalam suatu badan usaha agar segala aktivitas dalam perusahaan tersebut dalam berjalan secara efektif dan juga efisien.

Struktur organisasi yang digunakan dalam pabrik novolak resin adalah organisasi *line and staff*. Bentuk organisasi lini dan staf pada dasarnya merupakan kombinasi dari organisasi lini dan organisasi fungsional. Asas kesatuan komando tetap dipertahankan dan pelimpahan wewenang berlangsung secara vertikal dari pucuk pimpinan kepada pimpinan dibawahnya. Pucuk pimpinan tetap sepenuhnya berhak menetapkan keputusan, kebijaksanaan, dan merealisasikan tujuan perusahaan. Dalam membantu kelancaran tugas pimpinan, ia mendapat bantuan dari para staf. Tugas para staf hanya memberikan bantuan, pemikiran saran-saran, data, informasi, dan pelayanan kepada pimpinan sebagai bahan pertimbangan untuk menetapkan keputusan dan kebijaksanaannya.

Struktur organisasi *line and staff* ini dipilih dengan beberapa pertimbangan diantara:

- a. Asas kesatuan pimpinan tetap dipertahankan, sebab pimpinan tetap berada dalam satu tangan saja.

- b. Adanya pengelompokan wewenang, yaitu wewenang lini dan wewenang staff.
- c. Adanya pembagian tugas dan tanggung jawab yang jelas antara pimpinan, staff dan pelaksana.
- d. Pimpinan mempunyai bawahan tertentu, sedang bawahan hanya mempunyai seorang atasan tertentu saja.
- e. Bawahan hanya mendapat perintah dan memberikan tanggung jawab kepada seorang atasan tertentu saja.



Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan

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

Agar seluruh kegiatan yang dilaksanakan dalam badan usaha dapat berjalan secara efektif dan efisien maka diperlukan pengelompokan tugas dan wewenang.

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

Pemegang saham (pemilik perusahaan) adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk perseroan terbatas adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Pada RUPS tersebut para pemegang saham berwenang:

- Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komirsaris.
- Mengangkat dan memberhentikan Direktur.
- Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.

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

Dewan komisaris merupakan pelaksana dari para pemilik saham, sehingga dewan komisaris akan bertanggung jawab terhadap pemilik saham. Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi:

- Mengawasi tugas-tugas direktur utama.
- Membantu direktur utama dalam hal-hal penting.
- Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijaksanaan umum, target laba perusahaan, alokasi sumber- sumber dana dan pengarahan pemasaran.

c. Dewan Direksi

Direktur Utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya terhadap keberhasilan perusahaan. Direktur Utama bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijakan yang diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur Utama membawahi Direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum. Tugas-tugas Dewan Direksi meliputi:

- Direktur Teknik dan Produksi memiliki tugas memimpin pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang produksi dan operasi, teknik, pengembangan, pemeliharaan peralatan, pengadaan, dan laboratorium.
- Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum, memiliki tugas bertanggung jawab terhadap masalah-masalah yang berhubungan dengan administrasi, keuangan dan umum, pembelian dan pemasaran, penelitian dan pengembangan.

d. Kepala Bagian Produksi

Kepala Bagian Produksi membawahi:

- Seksi Proses. Pada seksi ini bertugas untuk mengawasi jalannya proses produksi dan pada peralatan produksi yang mengalami kerusakan.

- Seksi Pengendalian. Pada seksi ini bertugas untuk menangani hal-hal yang dapat mengancam keselamatan pekerja dan mengurangi protensi bahaya yang ada.

e. Kepala Bagian Teknik

Kepala Bagian Teknik membawahi:

- Kepala seksi pemeliharaan dan bengkel. Seksi ini bertugas untuk melaksanakan pemeliharaan fasilitas baik peralatan pabrik maupun gedung. Selain itu, seksi ini juga bertugas untuk memperbaiki kerusakan yang terjadi pada alat.
- Kepala seksi laboratorium dan penelitian. Seksi ini bertugas mengawasi dan menganalisa mutu bahan baku serta bahan pembantu dan mengawasi serta menganalisa mutu dari produk yang dihasilkan.
- Kepala seksi utilitas. Seksi ini bertugas untuk melaksanakan dan mengatur sarana utilitas untuk memenuhi kebutuhan proses, kebutuhan air, uap air dan tenaga listrik.

f. Kepala Bagian Pemasaran

Kepala bagian pemasaran membawahi kepala seksi pemasaran. Tugas seksi ini antara lain:

- Mengetahui harga pemasaran dan mutu bahan baku serta mengatur keluar masuknya bahan dan alat dari gudang.
- Merencanakan strategi penjualan hasil produksi.
- Mengatur distribusi barang dari gedung.

g. Kepala Bagian Keuangan dan Administrasi

Kepala Bagian Keuangan, Administrasi, dan Umum membawahi:

- Seksi Administrasi dan Keuangan, tugas seksi ini yaitu menyelenggarakan pencatatan hutang piutang, administrasi persediaan kantor dan pembukuan, serta masalah pajak.
- Seksi Personalia dan Humas, tugas seksi ini meliputi membina tenaga kerja dan menciptakan suasana kerja yang sebaik mungkin antara pekerja dan pekerjaannya serta lingkungannya supaya tidak terjadi pemborosan waktu dan biaya, mengusahakan disiplin kerja yang tinggi dalam menciptakan kondisi kerja yang dinamis, mengatur hubungan antara perusahaan dengan masyarakat di luar lingkungan perusahaan.

h. Kepala Bagian Umum

Kepala bagian umum membawahi:

- Seksi Keamanan, tugas seksi ini meliputi menjaga semua bangunan pabrik dan fasilitas-fasilitas yang ada di perusahaan, mengawasi keluar masuknya orang-orang baik karyawan maupun bukan ke dalam lingkungan perusahaan, menjaga dan memelihara kerahasiaan yang berhubungan dengan intern perusahaan

- Kesehatan dan Keselamatan Kerja, tugas seksi ini meliputi mengawasi keselamatan kerja dilingkungan Pabrik dan mengusahakan semua karyawan selalu memperhatikan K3.

i. Kepala Seksi

Kepala Seksi adalah pelaksana pekerjaan dalam lingkungan bidangnya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh kepala bagian masing-masing. Setiap kepala seksi bertanggung jawab terhadap kepala bagiannya masing-masing sesuai dengan seksinya.

j. Staff Ahli

Staf Ahli terdiri dari tenaga ahli yang bertugas membantu direksi dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. Tugas dari staf ahli meliputi:

- Mempertinggi efisiensi kerja.
- Memberikan bantuan pikiran dan saran dalam perencanaan pengembangan perusahaan.
- Memperbaiki proses pabrik atau perencanaan alat dan pengembangan produksi.

#### **4.4.4 Status Karyawan**

Sistem upah karyawan dibuat berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab, dan keahlian. Status karyawan dapat dibagi menjadi 3 golongan, antara lain:

a. Karyawan Tetap

Karyawan tetap adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK) Direksi dan mendapat gaji bulanan.

b. Karyawan Harian

Karyawan harian adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan tanpa Surat Keputusan (SK) Direksi dan mendapat gaji upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

c. Karyawan Borongan

Karyawan borongan adalah karyawan yang digunakan oleh pabrik/perusahaan bila diperlukan saja dan menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan.

#### 4.4.5 Jabatan dan Keahlian

Pada masing-masing jabatan dalam struktur organisasi diisi oleh orang-orang dengan spesifikasi pendidikan yang sesuai dengan jabatan dan tanggung jawab yang dijalankan.

Tabel 4. 2 Daftar Jabatan Perusahaan

| <b>Jabatan</b>                           | <b>Pendidikan</b>                | <b>Pengalaman Bekerja (Tahun)</b> |
|------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Direktur utama                           | Magister Teknik kimia            | min. 5 tahun                      |
| Direktur Teknik dan Produksi             | Sarjana Teknik kimia             | min. 3 tahun                      |
| Direktur administrasi, keuangan dan umum | Sarjana ekonomi                  | min. 2 tahun                      |
| Staf ahli                                | Sarjana Teknik kimia dan ekonomi | min. 2 tahun                      |
| Kepala bagian produksi                   | Sarjana Teknik kimia             | min. 2 tahun                      |
| Kepala bagian teknik                     | Sarjana Teknik kimia             | min. 2 tahun                      |

|                                              |                       |              |
|----------------------------------------------|-----------------------|--------------|
| Kepala bagian administrasi dan keuangan      | Sarjana ekonomi       | min. 2 tahun |
| Kepala bagian pemasaran                      | Sarjana ekonomi       | min. 2 tahun |
| Kepala bagian umum                           | Sarjana hukum         | min. 2 tahun |
| Kepala seksi proses                          | Sarjana Teknik kimia  | min. 1 tahun |
| Kepala seksi pengendalian                    | Sarjana Teknik kimia  | min. 1 tahun |
| Kepala seksi pemeliharaan dan bengkel        | Sarjana Teknik mesin  | min. 1 tahun |
| Kepala seksi utilitas                        | Sarjana Teknik kimia  | min. 1 tahun |
| Kepala seksi administrasi dan keuangan       | Sarjana ekonomi       | min. 1 tahun |
| Kepala seksi personalia dan huma             | Sarjana psikologi     | min. 1 tahun |
| Kepala seksi pemasaran                       | Sarjana ekonomi       | min. 1 tahun |
| Kepala seksi kesehatan dan keselamatan kerja | Sarjana K3            | min. 1 tahun |
| Kepala seksi keamanan                        | Ahli madya            | min. 1 tahun |
| Operator                                     | Ahli madya/Sarjana    |              |
| Karyawan                                     | Ahli madya/Sarjana    |              |
| Medis                                        | Dokter                |              |
| Paramedis                                    | Sarjana keperawatan   |              |
| Sopir                                        | Lulusan SMP/Sederajat |              |
| Satpam                                       | Lulusan SMP/Sederajat |              |
| <i>Cleaning service</i>                      | Lulusan SMP/Sederajat |              |

#### 4.4.6 Karyawan

Jumlah karyawan harus disesuaikan secara tepat sehingga semua pekerjaan dapat diselesaikan dengan baik dan efisien. Penentuan jumlah karyawan dapat dilakukan dengan melihat jenis proses ataupun jumlah unit proses yang ada.

Tabel 4. 3 Data Jumlah Karyawan

| <b>Jabatan</b>          | <b>Jumlah</b> |
|-------------------------|---------------|
| Direktur utama          | 1             |
| Direktur bagian         | 2             |
| Staff ahli              | 2             |
| Kepala bagian           | 5             |
| Kepala seksi            | 10            |
| Karyawan                | 19            |
| Operator                | 48            |
| Dokter                  | 1             |
| Paramedis               | 2             |
| Sopir                   | 3             |
| Satpam                  | 5             |
| <i>Cleaning service</i> | 5             |
| <b>Total</b>            | <b>103</b>    |

a. Pembagian Waktu Kerja

Pabrik ini direncanakan beroperasi 330 hari dalam satu tahun dan 24 jam perhari. Sisa hari yang bukan libur digunakan untuk perbaikan atau perawatan dan *shut down*. Sedangkan pembagian jam kerja karyawan digolongkan dalam dua golongan, yaitu:

- Karyawan *non shift*

Karyawan *non shift* adalah para karyawan yang tidak menangani proses secara langsung. Yang termasuk karyawan ini adalah Direktur, Staf ahli, Kepala Bidang, Kepala Seksi, serta bawahan yang berada di kantor. Karyawan harian dalam satu minggu bekerja selama

5 hari dengan pembagian kerja sebagai berikut:

Jam Kerja : Senin-Jumat pukul 07.00-15.00 Jam Istirahat :

Senin-Kamis pukul 12.00-13.00

Jumat pukul 11.00-13.00

- Karyawan *shift*

Karyawan *shift* adalah karyawan yang langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi. Yang termasuk karyawan ini adalah Direktur, Staf ahli, Kepala Bidang, Kepala Seksi, serta bawahan yang berada di kantor. Para karyawan shift akan bekerja secara bergantian sehari semalam. Karyawan shift dibagi dalam 3 *shift* dengan pengaturan sebagai berikut:

*Shift* Pagi : Pukul 07.00-15.00

*Shift* Siang : Pukul 15.00-23.00

*Shift* Malam : Pukul 22.00-07.00

Untuk karyawan *shift* ini, dibagi menjadi 4 regu, dimana 3 regu bekerja dan 1 regu istirahat dan dilakukan secara bergantian. Tiap regu mendapat giliran tiga hari kerja dan satu hari libur, tiap *shift* dan masuk lagi untuk *shift* berikutnya. Untuk hari libur atau hari besar yang ditetapkan pemerintah maka regu yang masuk tetap masuk. Jadwal kerja masing-masing regu dapat dilihat pada Tabel sebagai berikut:

Tabel 4. 4 Jadwal Kerja Karyawan *Shift*

| Regu | Hari |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
|------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
|      | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| A    | P    | P | P | L | M | M | M | L | S | S  |
| B    | S    | S | L | P | P | P | L | M | M | M  |
| C    | M    | L | S | S | L | L | P | P | P | L  |
| D    | L    | M | M | M | S | S | S | S | L | P  |

Keterangan:

P : Pagi

S : Siang

M : Malam

L : Libur

b. Ketenagakerjaan

- Cuti Tahunan

Cuti Tahunan, karyawan mempunyai hak cuti tahunan selama 12 hari setiap tahun. Bila dalam waktu 1 tahun hak cuti tersebut tidak dipergunakan maka hak tersebut akan hilang untuk tahun itu.

- Hari Libur Nasional

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

- Kerja Lembur (*overtime*)

Kerja Lembur (*overtime*), kerja lembur dapat dilakukan apabila ada keperluan yang mendesak dan atas persetujuan kepala

bagian.

c. Sistem Gaji Pegawai

Gaji Karyawan dibayarkan setiap bulan pada tanggal 1. Bila tanggal tersebut merupakan hari libur, maka pembayaran gaji dilakukan sehari sebelumnya. Sistem gaji perusahaan dibagi menjadi tiga golongan, yaitu:

- Gaji Bulanan, gaji ini diberikan kepada pegawai tetap.  
Besarnya sesuai dengan peraturan perusahaan.
- Gaji Harian, gaji ini diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.
- Gaji Lembur, gaji ini diberikan kepada karyawan yang melebihi jam kerja yang telah ditetapkan besarnya sesuai dengan peraturan perusahaan.

Tabel 4. 5 Gaji Karyawan Berdasarkan Jabatan

| No.          | Jabatan                 | Jumlah     | Gaji per Orang/Bulan | Jumlah Gaji per Bulan (Rp) |
|--------------|-------------------------|------------|----------------------|----------------------------|
| 1.           | Direktur utama          | 1          | 35.000.000           | 35.000.000                 |
| 2.           | Direktur bagian         | 2          | 30.000.000           | 60.000.000                 |
| 3.           | Satff ahli              | 2          | 25.000.000           | 50.000.000                 |
| 4.           | Kepala bagian           | 5          | 20.000.000           | 100.000.000                |
| 5.           | Kepala seksi            | 10         | 15.000.000           | 150.000.000                |
| 6.           | Karyawan                | 19         | 10.000.000           | 190.000.000                |
| 7.           | Operator                | 48         | 10.000.000           | 480.000.000                |
| 8.           | Dokter                  | 1          | 15.000.000           | 15.000.000                 |
| 9.           | Paramedis               | 2          | 8.000.000            | 16.000.000                 |
| 10.          | Satpam                  | 5          | 5.000.000            | 25.000.000                 |
| 11.          | Sopir                   | 3          | 5.000.000            | 15.000.000                 |
| 12.          | <i>Cleaning service</i> | 5          | 5.000.000            | 25.000.000                 |
| <b>Total</b> |                         | <b>103</b> | <b>444.000.000</b>   | <b>1.127.000.000</b>       |

d. Fasilitas Karyawan

Tersedia fasilitas yang memadai dapat meningkatkan kelangsungan produktifitas karyawan dalam suatu perusahaan. Adanya fasilitas dalam

perusahaan bertujuan agar kondisi jasmani dan rohani karyawan tetap terjaga dengan baik, sehingga karyawan tidak merasa jenuh dalam menjalankan tugas sehari-harinya. Sehubungan dengan hal tersebut, maka perusahaan menyediakan fasilitas yang bermanfaat dalam lingkungan perusahaan yang berhubungan dengan kepentingan para karyawan. Adapun fasilitas-fasilitas yang diberikan perusahaan meliputi:

- Poliklinik, untuk meningkatkan efisien produksi, faktor kesehatan karyawan merupakan hal yang sangat berpengaruh. Oleh karena itu, perusahaan menyediakan fasilitas poliklinik yang ditangani oleh dokter dan perawat.
- Pakaian kerja, untuk menghindari kesenjangan antar karyawan, perusahaan memberikan dua pasang pakaian kerja setiap tahunnya, selain itu juga disediakan masker sebagai alat pengaman kerja.
- Makan dan minum, perusahaan menyediakan makan dan minum 1 kali sehari yang akan dikelola oleh perusahaan *catering* yang ditunjuk oleh perusahaan.
- Koperasi, koperasi karyawan didirikan untuk mempermudah karyawan dalam hal simpan pinjam, memenuhi kebutuhan pokok dan perlengkapan rumah tangga serta kebutuhan lainnya.
- Tunjangan Hari Raya (THR), tunjangan ini diberikan setiap tahun, yaitu menjelang Hari Raya Idul Fitri dan besarnya tunjangan tersebut sebesar satu bulan gaji.
- Jamsostek, merupakan asuransi pertanggungan jiwa dan asuransi kecelakaan.
- Tempat Ibadah, perusahaan membangun tempat ibadah agar karyawan

dapat menjalankan kewajiban rohaninya dan melaksanakan aktifitas keagamaan lainnya.

- Transportasi, untuk meningkatkan produktifitas dan meringankan beban pengeluaran karyawan, perusahaan memberikan uang transportasi setiap hari yang penyerahannya bersamaan dengan penerimaan gaji tiap bulannya.
- Hak cuti
  - o Cuti Tahunan, diberikan kepada karyawan selama 12 hari kerja dalam 1 tahun.
  - o Cuti Massal, diberikan 4 hari kerja kepada karyawan setiap tahun bertepatan dengan hari raya Idul Fitri.

## **BAB V**

### **UTILITAS**

Unit pendukung proses atau sering disebut unit utilitas merupakan sarana penunjang yang sangatlah penting dalam menciptakan kelancaran jalan proses produksi. Proses produksi tidak berjalan dengan baik tanpa adanya unit utilitas. Unit utilitas pabrik Novolak Resin dari Fenol dan Formaldehid dengan kapasitas 15.000 ton/tahun ini meliputi unit penyediaan dan pengolahan air, unit pembangkit *steam*, unit pembangkit listrik, unit penyedia udara tekan, unit penyedia bahan bakar, unit pengolahan limbah,

#### **5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air**

##### **5.1.1 Unit Penyediaan Air**

Tugas dari unit ini untuk menyediakan air guna memenuhi kebutuhan proses maupun rumah tangga. Air yang digunakan bisa diambil dari air sungai, sumur, waduk, danau, dan laut. Sumber bahan baku utama dalam proses perancangan pabrik ini adalah air yang diperoleh dari Sungai Kali Berung yang terletak di Desa Terate, Kecamatan Kramatwatu, Kabupaten Serang, Banten.

Air Sungai Kali Berung masih mengandung pasir, mineral- mineral, ion- ion, dan kotoran yang harus diolah terlebih dahulu sebelum digunakan. Pengolahan air ini bertujuan untuk menjaga alat - alat proses agar tidak cepat rusak serta menjaga adanya kontaminan yang akan menyebabkan reaksi antara reaktan-reaktan yang terdapat dalam proses. Pertimbangan menggunakan air sungai sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah :

- a. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya tinggi, sehingga persediaan air tercukupi.
- b. Letak sungai berada didekat lokasi pabrik.
- c. Jumlah persediaan air sungai lebih banyak dibandingkan dengan air sumur.
- d. Air sungai relatif lebih mudah dalam pengolahannya, sederhana, dan biayanya lebih murah dibandingkan dengan pengolahan air laut.

Air yang berada dalam lingkungan pabrik, digunakan untuk :

- a. Air Pendingin

Air pendingin digunakan sebagai media untuk mendinginkan/menurunkan suhu pada alat-alat yang memerlukan penurunan suhu saat proses produksi. Volume air pendingin yang digunakan biasanya dalam jumlah banyak, sehingga untuk sumber yang digunakan harus diperoleh dengan mudah dan persediaan yang melimpah.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pengolahan air pendingin yaitu :

- Air tidak mengandung besi karena besi dapat menyebabkan korosi pada alat.
- Air tidak mengandung mineral, mineral yang terkandung dalam air dapat meningkatkan kesadahan pada air.
- Organisme mikroskopis perlu dihilangkan terlebih dahulu untuk menghindari terjadinya *fouling* pada alat yang menggunakan pendingin.

Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Pendingin

| No.           | Alat           | Kode Alat | Kebutuhan Air (Kg/Jam) |
|---------------|----------------|-----------|------------------------|
| 1.            | Reaktor – 01   | R – 01    | 19.454,789             |
| 2.            | Cooler – 01    | CL – 01   | 12.079                 |
| 3.            | Cooler – 02    | CL – 02   | 10,676                 |
| 4.            | Condensor – 01 | CD – 01   | 518                    |
| 5.            | Condensor – 02 | CD – 02   | 393                    |
| <b>Jumlah</b> |                |           | <b>43.121</b>          |

Kebutuhan total air pendingin = 43.121 Kg/Jam

Perancangan dibuat *overdesign* 20%, sehingga kebutuhan air pendingin menjadi :

Kebutuhan air pendingin = 51.745,7 Kg/Jam

Jumlah air menguap ( $W_e$ ) =  $0,00085 \times 51.745,7 \times 10$   
 = 366,532 Kg/Jam

*Drift Loss* ( $W_d$ ) =  $0,0002 \times 51.745,7$   
 = 10,349 Kg/Jam

*Blowdown* ( $W_b$ ) =  $\frac{W_e - (\text{cycle}-1)W_d}{\text{cycle}-1}$  dipilih *cycle* 4 kali  
 = 111,828 Kg/Jam

Sehingga jumlah *Make Up* air ( $W_m$ ) adalah :

Jumlah *Make Up* air =  $W_e + W_d + W_b$   
 = 488,709 Kg/Jam

Perancangan dibuat *overdesign* 20%, sehingga jumlah *Make Up* air menjadi :

$$\text{Jumlah Make Up air} = 586,451 \text{ Kg/Jam}$$

b. Air Umpan Boiler

Terdapat beberapa faktor yang harus diperhatikan saat pengolahan air umpan boiler, faktor-faktor tersebut yaitu :

- Kandungan gas yang terlarut dapat menyebabkan korosi.
- Kandungan mineral yang terkandung pada air dapat menyebabkan *foaming* dan *scalling*.

Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Umpan Boiler

| No.           | Alat                 | Kode    | Jumlah<br>(Kg/Jam) |
|---------------|----------------------|---------|--------------------|
| 1.            | <i>Heater</i> – 01   | HE – 01 | 245,9296           |
| 2.            | <i>Heater</i> – 02   | HE – 02 | 0,0188             |
| 3.            | <i>Heater</i> – 03   | HE – 03 | 0,0101             |
| 4.            | <i>Heater</i> – 04   | HE – 04 | 202,8768           |
| 5.            | <i>Heater</i> – 05   | HE – 05 | 0,0001             |
| 6.            | <i>Reboiler</i> – 01 | RB – 01 | 0,2471             |
| 7.            | <i>Reboiler</i> – 02 | RB – 02 | 0,0188             |
| <b>Jumlah</b> |                      |         | <b>449,1014</b>    |

Perancangan dibuat *overdesign* sebesar 20% sehingga :

$$\text{Kebutuhan air steam} = 20\% \times 449,1014$$

$$= 538,9216 \text{ Kg/Jam}$$

$$\text{Blowdown} = 15\% \text{ dari kebutuhan steam}$$

$$= 80,8382 \text{ Kg/Jam}$$

$$\text{Air yang menguap} = 5\% \text{ dari kebutuhan steam}$$

$$= 26,9461 \text{ Kg/Jam}$$

$$\text{Kebutuhan air make up untuk steam} = \text{blowdown} + \text{air menguap}$$

$$= 107,7843 \text{ Kg/Jam}$$

Perancangan dibuat *overdesign* sebesar 20% sehingga :

$$\text{Kebutuhan air make up untuk steam} = 129,3412 \text{ Kg/Jam}$$

#### c. Air Sanitasi

Penggunaan air santasi digunakan untuk keperluan kebutuhan umum kantor dan rumah tangga perusahaan seperti air minum, air laboratorium, masjid dan lain sebagainya. Syarat yang harus dipenuhi agar air sanitasi layak digunakan yaitu :

- Syarat Fisik
  - o Jernih atau bening
  - o Tidak memiliki rasa
  - o Tidak berbau
  - o Suhu air sama dengan suhu lingkungan
- Syarat Kimia
  - o Tidak beracun
  - o Tidak mengandung zat organik maupun anorganik
- Syarat Bakteriologis

- Tidak mengandung bakteri, terutama bakteri patogen.

Agar syarat-syarat tersebut dapat terpenuhi, maka air perlu melalui proses desalinasi dan kloranisai sehingga air layak untuk digunakan.

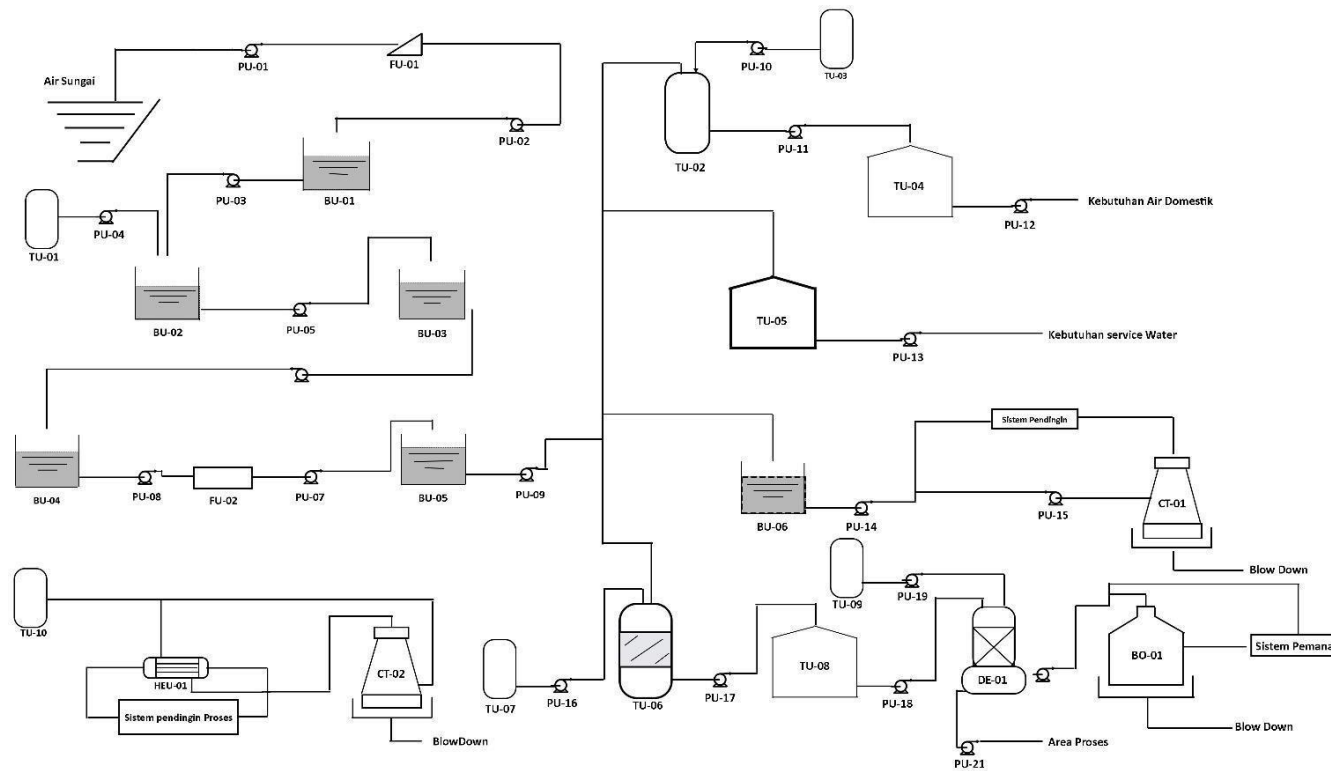
Tabel 5. 3 Kebutuhan Air Sanitasi

| <b>No.</b>    | <b>Penggunaan</b>          | <b>Jumlah kg/hari</b> |
|---------------|----------------------------|-----------------------|
| 1.            | Karyawan                   | 24.991                |
| 2.            | Mess                       | 10.000                |
| 3.            | Bengkel                    | 300                   |
| 4.            | Poliklinik                 | 500                   |
| 5.            | Laboratorium               | 500                   |
| 6.            | Pemadam Kebakaran          | 3.000                 |
| 7.            | Kantin, Musholla dan Kebun | 8.000                 |
| <b>Jumlah</b> |                            | <b>47.291</b>         |

### 5.1.2 Unit Pengolahan Air

Perancangan suatu pabrik membutuhkan sumber air terdekat yang nantinya akan memenuhi keberlangsungan suatu proses. Pada pabrik novolak resin ini, sumber air terdekat didapatkan dari Kali Berung. Proses pengolahan dapat dilakukan secara fisik dan kimia. Tahapan proses pengolahan air dapat dilihat pada Gambar 5.1 sebagai berikut:

## PROCESS FLOW DIAGRAM UTILITAS



Gambar 5. 1 Diagram Alir Utilitas

Keterangan :

1. PU : Pompa Utilitas
2. FU : *Screening*
3. BO : *Boiler*
4. BU : Bak Sedimentasi
5. TU : Tangki Alumn
6. BU – 02 : Bak Koagulasi dan Floakulasi
7. SF – 01 : *Sand Filter*
8. BU – 03 : Bak Pengendap I
9. TU – 02 : Tangki Klorinasi
10. TU – 03 : Tangki Kaporit
11. TU – 04 : Tangki Air Bersih
12. TU – 05 : Tangki *Service Water*
13. TU – 06 : Tangki NaCl
14. BU – 04 : Bak Pebgendap II
15. BU – 05 : Bak Penampung Sementara
16. CT – 01 : *Cooling Tower*
17. MB – 01 : *Mixed Bed*
18. TU – 07 : Tangki Air Demin
19. TU – 08 : Tangki N2H4
20. BU – 06 : Bak Air Pendingin
21. DE – 01 : Deaerator
22. BLU – 01 : *Blower Cooling Tower*

Adapun beberapa tahapan pengolahan air yaitu sebagai berikut :

a. Penghisapan

Sebelum mengalami proses pengolahan, air dari sungai harus mengalami pembersihan awal agar proses selanjutnya dapat berlangsung dengan lancar. Air sungai dilakukan penyaringan terlebih dahulu agar kandungan padatan seperti sampah, plastik, daun, sampah dan lainnya yang terbawa oleh air dapat terpisah. Air diambil dari sungai dilakukan pemompaan sebelum dialirkan menuju alat penyaringan awal yang bertujuan untuk menghilangkan partikel kotoran yang berukuran cukup besar.

b. Penyaringan Awal / *Screen*

Sebelum mengalami proses pengolahan, air dari sungai harus mengalami pembersihan awal dimana air sungai dilewatkan *screen* (penyaringan awal) yang berfungsi untuk menahan kotoran-kotoran yang berukuran besar seperti kayu, ranting, daun, sampah dan sebagainya. Kemudian air akan ditampung didalam *reservoir*.

c. Bak Penggumpal

Air kemudian dialirkan ke bak penggumpal untuk menggumpalkan koloid-koloid tersuspensi dalam cairan (larutan) yang tidak mengendap di bak pengendap dengan cara menambahkan senyawa kimia. Umumnya flokulan yang biasa digunakan adalah tawas atau aluminium sulfat ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang merupakan garam yang berasal dari asam kuat dan basa lemah sehingga dalam air yang mempunyai suasana basa akan mudah terhidrolisa. Proses flokulasi bertujuan untuk menggumpalkan

partikel-partikel menjadi flok dengan ukuran yang memungkinkan untuk dipisahkan dengan sedimentasi dan filtrasi. Alasan ditambahkannya kapur karena kapur berfungsi untuk mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat dalam air untuk mempermudah penggumpalan karena membuat suasana basa.

d. Bak Pengendap

Air sungai setelah melalui bak penggumpal dialirkan ke bak pengendap awal. Untuk mengendapkan flok atau gumpalan zat padat berukuran besar yang terbentuk. Setelah flok mengendap selanjutnya dapat dibuang (*blow down*). Kemudian dialirkan untuk difiltrasi.

e. Penyaringan (*Sand Filter*)

Air dari bak pengendap yang masih mengandung padatan tersuspensi dialirkan memasuki penyaringan untuk dilakukan filtrasi untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung didalam air ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{2+}$ ) dengan menggunakan resin. Filtrasi bertujuan untuk menyaring partikel-partikel halus yang masih lolos atau yang masih terdapat dalam air dan belum terendapkan. penyaringan dan pengendapan secara bertahap ini bertujuan untuk memastikan bahwa air benar-benar bersih dari kotoran sehingga aman digunakan untuk proses produksi maupun kegiatan pabrik lainnya. Penyaringan pada tahap ini menggunakan *sand filter* yang terdiri dari antrasit, pasir, dan kerikil sebagai media penyaring. *Sand Filter* dicuci (*back, wash, rinse*) bila sudah dianggap kotor.

f. Bak Penampung Air Bersih (*Filter Water Storage*)

*Filtered water* yang sudah melalui tahap filtrasi bisa disebut sebagai

air bersih dan ditampung dalam bak penampung air bersih. Produksi *filtered water* yang ada di *storage* selanjutnya didistribusikan sebagai:

- Air layanan umum (*service water*).
- *Domestic water*.
- *Make up Cooling Tower*.
- Bahan baku *Demin Plant*.

g. *Ion Exchanger/ Demineralisasi*

Air yang akan digunakan untuk umpan boiler dan umpan pada unit proses memiliki syarat harus terbebas dari kandungan garam murni terlarut. Dilakukan proses demineralisasi ini agar ion yang terkandung dapat dihilangkan. Pada proses ini terbagi menjadi dua tahap berupa kation *exchanger* dan anion *exchanger*.

- *Kation Exchanger*

*Kation Exchanger* merupakan proses pelunakan air, mineral- mineral yang terkandung dalam air seperti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  dan mineral lainnya akan dibebaskan dari air bersih. *Kation exchanger* berisi resin yang berjenis *hydrogen-zeolite* sebagai pengganti kation dimana kandungan kation dalam air akan diganti dengan ion  $\text{H}^+$  sehingga air keluaran dari kation *exchanger* air yang mengandung anion dan ion  $\text{H}^+$ . Resin memiliki masa pakai, apabila suatu resin tidak mampu lagi menangkap mineral, maka akan dilakukan regenerasi pada resin tersebut. Regenerasi resin kation *exchanger* dilakukan dengan penambahan asam kuat berupa  $\text{HCl}$ , sehingga akan membentuk garam-garam seperti  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{KCl}$  dan mineral sadah lainnya.

- Anion Exchanger

Air yang telah keluar dari tangki kation *exchanger* kemudian akan diumpankan ke tangki anion *exchanger*. Tangki ini memiliki fungsi untuk mengikat ion-ion negatif (anion) yang terlarut dalam air dengan resin yang bersifat basa, sehingga anion-anion seperti  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ , dan  $\text{SO}_4^{2-}$  akan terikat dengan resin.

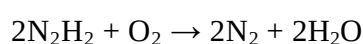
h. *Mixed Bed*

Tempat pembersihan air yang terakhir yang akan dipakai untuk mengisi *boiler* bertekanan tinggi dimana resin anion dan resin kation digabungkan dalam satu *vessel*. Kation akan terambil oleh resin kation dan anion terambil oleh resin anion. Apabila *mixed bed* sudah jenuh, maka dilakukan regenerasi, sehingga kondisi resin dapat berfungsi kembali seperti semula.

i. Deaerasi

Deaerasi merupakan proses pembebasan air umpan *boiler* dari gas-gas yang dapat menimbulkan korosi pada *boiler* seperti oksigen ( $\text{O}_2$ ) dan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ). Air yang telah mengalami demineralisasi (kation *exchanger* dan anion *exchanger*) akan dipompakan menuju *deaerator*.

Pada pengolahan air untuk (terutama) *boiler* tidak boleh mengandung gas terlarut dan padatan terlarut, terutama yang dapat menimbulkan korosi. Unit *deaerator* ini memiliki fungsi untuk menghilangkan gas  $\text{O}_2$  dan  $\text{CO}_2$  yang dapat menimbulkan korosi. Di dalam *deaerator* diinjeksikan bahan kimia berupa hidrazin ( $\text{N}_2\text{H}_2$ ) yang berfungsi untuk mengikat oksigen berdasarkan reaksi berikut :



Sehingga dapat mencegah terjadinya korosi pada *tube boiler*. Air yang keluar dari *deaerator* kemudian dialirkan dengan pompa sebagai air umpan boiler (*boiled feed water*).

j. Bak Air Pendingin

Pendingin yang dipakai dalam proses sehari-hari berasal dari air yang telah digunakan dalam pabrik kemudian didinginkan dalam *cooling tower*. Kehilangan air karena penguapan, terbawa udara maupun dilakukannya *blow down* di *cooling tower*, diganti dengan air yang disediakan di bak air bersih. Air pendingin harus mempunyai sifat-sifat yang tidak korosif, tidak menimbulkan kerak, dan tidak mengandung mikroorganisme yang bisa menimbulkan lumut.

## 5.2 Unit Pembangkit *Steam*

Unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan *steam* pada proses produksi, dengan menyediakan *boiler* dengan spesifikasi :

Kapasitas : 2.129.701,534 kg/jam

Jenis : Water Tube Boiler

Jumlah : 1 buah

Alat yang membutuhkan *steam* ialah heater, dan reboiler. Sebelum masuk ke *boiler*, air harus dihilangkan kesadahannya karena akan menimbulkan kerak di dalam *boiler*. Sebelum masuk *boiler*, air yang dilewatkan dalam *ion exchanger* dan *deaerator* terlebih dahulu agar tidak menimbulkan kerak. Pada *water tube boiler*, air umpan boiler dialirkan melalui susunan pipa, sedangkan pembakaran gas terjadi pada

sisi barel. Keuntungannya penggunaan *water tube boiler* sebagai berikut :

- a. Mampu menghasilkan jumlah steam yang relatif banyak,
- b. Mempunyai kapasitas yang besar,
- c. Nilai efisiensi relatif tinggi,
- d. Tungku pembakaran mudah untuk dijangkau saat akan dibersihkan.

### 5.3 Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan listrik pada pabrik novolak resin dari fenol dan formaldehid ini dipenuhi oleh 2 sumber, yaitu: PLN, dan listrik cadangan dari *generator* pabrik. Bertujuan sebagai tenaga cadangan apabila PLN mengalami gangguan sehingga proses akan tetap berjalan. Kelebihan PLN sebagai tenaga listrik adalah biayanya yang murah, sedangkan kekurangannya adalah tenaganya tidak terlalu tetap sehingga penyediaan listrik kurang terjamin. *Generator* yang digunakan pada pabrik ini yaitu *generator* arus bolak balik. Alasan menggunakan *generator* ini karena tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar dan tegangan dapat dinaikkan maupun diturunkan sesuai kebutuhan. Dengan adanya *generator* maka penyediaan listrik terjamin tetapi dengan memperhatikan biaya bahan bakar dan perawatan *generator* tersebut. Energi listrik dibutuhkan untuk alat proses, alat utilitas, instrumentasi, penerangan, dan alat-alat kontrol.

Berikut spesifikasi *generator* diesel yang dapat digunakan yaitu :

Kapasitas = 117,701 kW

Jumlah = 1 buah

Berikut rincian untuk kebutuhan listrik pabrik :

- a. Kebutuhan listrik untuk alat proses

Tabel 5. 4 Kebutuhan Listrik Alat Proses

| Alat             | Kode Alat | Hp        | Daya Watt         |
|------------------|-----------|-----------|-------------------|
|                  |           |           |                   |
| Mixer            | M – 01    | 5         | 3.728,5           |
| Reaktor          | R – 01    | 15        | 1.1185,5          |
| Neutralizer      | N – 01    | 7,5       | 5.592,75          |
| Menara Distilasi | MD – 01   | 0         | 0                 |
| Menara Distilasi | MD – 02   | 0         | 0                 |
| Pompa            | P – 01    | 0,25      | 186,425           |
| Pompa            | P – 02    | 0,25      | 186,425           |
| Pompa            | P – 03    | 0,05      | 37,285            |
| Pompa            | P – 04    | 0,05      | 37,285            |
| Pompa            | P – 05    | 0,75      | 559,275           |
| Pompa            | P – 06    | 0,50      | 372,85            |
| Pompa            | P – 07    | 0,50      | 372,85            |
| Pompa            | P – 08    | 0,50      | 372,85            |
| Pompa            | P – 09    | 1         | 745,7             |
| Pompa            | P – 10    | 1         | 745,7             |
| Pompa            | P – 11    | 1,5       | 1.118,55          |
| Pompa            | P – 12    | 1         | 745,7             |
| Pompa            | P – 13    | 1         | 745,7             |
| Pompa            | P – 14    | 1,5       | 1.118,55          |
| <b>Total</b>     |           | <b>37</b> | <b>27.851,895</b> |

Total kebutuhan listrik untuk alat proses adalah = 37 Hp

$$= 2.7851,895 \text{ Watt}$$

$$= 27,851895 \text{ kW}$$

b. Kebutuhan listrik untuk utilitas

Tabel 5. 5 Kebutuhan Listrik Utilitas

| Alat                 | Kode Alat | Hp   | Daya Watt |
|----------------------|-----------|------|-----------|
|                      |           |      |           |
| Bak Penggumpal       | B – 02    | 2    | 1.491     |
| Blower Cooling Tower | BL – 01   | 4    | 2982,8    |
| Kompresor udara      | CP – 01   | 6    | 4.474     |
| Pompa                | PU – 01   | 2    | 1491,4    |
| Pompa                | PU – 02   | 2    | 1491,4    |
| Pompa                | PU – 03   | 2    | 1491,4    |
| Pompa                | PU – 04   | 0,05 | 37,285    |



kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor:

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan listrik penerangan} &= 15\% \times 52,448 \\ &= 7,867 \text{ kW}\end{aligned}$$

- e. Kebutuhan listrik untuk peralatan kantor

*Power* yang dibutuhkan untuk kantor seperti ( AC, computer, dan lain-lain) diperkirakan 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor :

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan listrik peralatan kantor} &= 15\% \times 52,448 \\ &= 7,867 \text{ kW}\end{aligned}$$

- f. Kebutuhan listrik untuk bengkel, laboratorium, dan lain-lain

*Power* yang dibutuhkan untuk bengkel, laboratorium, dan lain-lain diperkirakan 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor:

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan listrik untuk bengkel, laboratorium, dll.} &= 15\% \times 52,448 \\ &= 7,867 \text{ kW}\end{aligned}$$

- g. Kebutuhan listrik perumahan

$$\begin{aligned}\text{Setiap rumah diperkirakan memerlukan listrik} &= 1.000 \text{ Watt} \\ \text{Jumlah rumah} &= 5 \text{ unit} \\ \text{Kebutuhan listrik perumahan} &= 5.000 \text{ Watt} \\ &= 5 \text{ kW}\end{aligned}$$

#### 5.4 Unit Penyedia Udara Tekan

Kebutuhan udara tekan untuk perancangan pabrik Novolak ini diperkirakan 61,164 m<sup>3</sup>/jam, tekanan 6,267 atm dan suhu 30°C. Alat penyedia udara tekan berupa kompresor yang dilengkapi dengan *dryer* berisi silika *gel* guna menyerap

kandungan air.

### 5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit pengolahan bahan bakar bertujuan memenuhi kebutuhan bahan bakar pada *boiler* dan *generator*. Jenis bahan bakar yang digunakan *boiler* adalah solar. Kebutuhan bahan bakar diperoleh dari PT. Pertamina (Persero). Kebutuhan bahan bakar *boiler* sebanyak 0,068 m<sup>3</sup>/jam.

Jenis bahan bakar yang digunakan *generator* adalah IDO (*Industrial Diesel Oil*). Kebutuhan bahan bakar *generator* sebesar 6,081 L/jam.

### 5.6 Unit Pengolahan Limbah

Unit pengolahan limbah berfungsi untuk mengolah limbah yang dihasilkan dari seluruh area pabrik, sehingga limbah buangan pabrik tidak mencemari lingkungan. Limbah yang dihasilkan oleh pabrik novolak resin antara lain :

#### a. Limbah Proses

Formaldehid, fenol, benzene, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, novolak, dan air dalam bentuk cair. Cairan buangan dari unit proses dikumpulkan dan diolah unit pengolahan lanjut (UPL). Pengolahan limbah logam berat dan organik secara simultan adalah dengan proses fotokalis dengan serbuk TiO<sub>2</sub>.

#### b. Air Buangan Sanitasi

Air buangan sanitasi yang berasal dari seluruh rumah tangga dan sekitar pabrik dan air limbah proses dikumpulkan dan diolah dalam unit stabilisasi dengan menggunakan lumpur aktif, aerasi dan desinfektan *calcium hypochlorite*.

c. Air Utilitas

Air buangan utilitas yang berasal dari unit demineralisasi dan hasil dari kegiatan proses produksi, seperti sisa regenerasi resin. Air sisa regenerasi dari unit penukar ion dan unit demineralisasi dinetralkan dalam kolam penetralan. Air ini bersifat asam atau basa sehingga diperlukan penetralan hingga pH 7, penetralan dilakukan dengan menggunakan larutan  $H_2SO_4$  jika pH buangannya lebih dari 7 dan menggunakan larutan NaOH apabila pH buangannya kurang dari 7. Air hasil penetralan kemudian dialirkan menuju penampungan akhir dan dibuang.

## 5.7 Spesifikasi Alat Utilitas

### 5.7.1 Alat Transportasi Bahan Utilitas

#### a. Pompa Utilitas

Tabel 5. 6 Spesifikasi Pompa Utilitas

| Spesifikasi                          | Pompa Utilitas                                      |                                                                                                                     |                                                                                                           |                                                                                            |                                                                                                 |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kode                                 | PU – 01                                             | PU – 02                                                                                                             | PU – 03                                                                                                   | PU – 04                                                                                    | PU – 05                                                                                         |
| <b>Tujuan/Fungsi peruntukan alat</b> | Mengalirkan air dari sungai menuju <i>screening</i> | Mengalirkan air sungai dari <i>screeener</i> (FU-01) ke <i>reservoir</i> (Bak Pengendapan Awal/Sedimentasi) (BU-01) | Mengalirkan air dari Bak <i>Reservoir</i> (BU-01) menuju Bak Penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi) (BU-02) | Mengalirkan larutan alumunium 5% dari Tangki Larutan Alumunium (TU-01) ke Bak Penggumpalan | Mengalirkan air dari Bak Penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi ) (BU-02) ke Bak Pengendap (BU-03) |
| <b>Jenis</b>                         | <i>Centrifugal Pump Single Stage</i>                |                                                                                                                     |                                                                                                           |                                                                                            |                                                                                                 |
| <b>Tipe</b>                          | <i>Axial Flow Impellers</i>                         | <i>Axial Flow Impellers</i>                                                                                         | <i>Axial Flow Impellers</i>                                                                               | <i>Radial Flow Impellers</i>                                                               | <i>Axial Flow Impellers</i>                                                                     |
| <b>Bahan</b>                         | <i>Commersial Steel</i>                             |                                                                                                                     |                                                                                                           |                                                                                            |                                                                                                 |
| <b>Kapasitas, gpm</b>                | 363,529                                             | 345,353                                                                                                             | 345,353                                                                                                   | 0,000053                                                                                   | 328,085                                                                                         |
| <b>Spesifikasi</b>                   |                                                     |                                                                                                                     |                                                                                                           |                                                                                            |                                                                                                 |
| <b>Pump head, m</b>                  | 3,0001                                              | 3,0004                                                                                                              | 3,0004                                                                                                    | 3,0000                                                                                     | 3,0004                                                                                          |
| <b>Sch.</b>                          | 40                                                  | 40                                                                                                                  | 40                                                                                                        | 40                                                                                         | 40                                                                                              |

|                          |       |       |       |          |       |
|--------------------------|-------|-------|-------|----------|-------|
| <b>Tenaga Pompa (hP)</b> | 1,595 | 1,516 | 1,516 | 0,000001 | 1,440 |
| <b>Tenaga Motor (hP)</b> | 2     | 2     | 2     | 0,05     | 2     |

Tabel 5. 7 Spesifikasi Pompa Utilitas (Lanjutan)

| <b>Spesifikasi</b>                   | <b>Pompa Utilitas</b>                                                    |                                                                         |                                                                                      |                                                                              |                                                                             |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| <b>Kode</b>                          | <b>PU – 06</b>                                                           | <b>PU – 07</b>                                                          | <b>PU – 08</b>                                                                       | <b>PU – 09</b>                                                               | <b>PU – 10</b>                                                              |
| <b>Tujuan/Fungsi peruntukan alat</b> | Mengalirkan air dari Bak Pengendap I (BU-03) ke Bak Pengendap II (BU-04) | Mengalirkan air dari Bak Pengendap II (BU-04) menuju <i>Sand Filter</i> | Mengalirkan air dari <i>Sand Filter</i> (FU-02) ke Bak Penampungan Sementara (BU-05) | Mengalirkan air dari Bak Penampungan Sementara (BU-05) ke area kebutuhan air | Mengalirkan Kaporit dari Tangki Kaporit (TU-03) ke Tangki Klorinasi (TU-02) |
| <b>Jenis</b>                         | <i>Centrifugal Pump Single Stage</i>                                     |                                                                         |                                                                                      |                                                                              |                                                                             |
| <b>Tipe</b>                          | <i>Axial Flow Impellers</i>                                              | <i>Axial Flow Impellers</i>                                             | <i>Axial Flow Impellers</i>                                                          | <i>Axial Flow Impellers</i>                                                  | <i>Radial Flow Impellers</i>                                                |
| <b>Bahan</b>                         | <i>Commercial Steel</i>                                                  |                                                                         |                                                                                      |                                                                              |                                                                             |
| <b>Kapasitas, gpm</b>                | 328,085                                                                  | 311,681                                                                 | 296,097                                                                              | 281,292                                                                      | 0,0001                                                                      |
| <b>Spesifikasi</b>                   |                                                                          |                                                                         |                                                                                      |                                                                              |                                                                             |
| <b>Pump head, m</b>                  | 3,0004                                                                   | 3,0003                                                                  | 3,0003                                                                               | 3,0003                                                                       | 3,0000                                                                      |
| <b>Sch.</b>                          | 40                                                                       | 40                                                                      | 40                                                                                   | 40                                                                           | 40                                                                          |
| <b>Tenaga Pompa (hP)</b>             | 1,440                                                                    | 1,368                                                                   | 1,322                                                                                | 1,279                                                                        | 0,000001                                                                    |
| <b>Tenaga Motor (hP)</b>             | 2                                                                        | 2                                                                       | 2                                                                                    | 2                                                                            | 0,05                                                                        |

Tabel 5. 8 Spesifikasi Pompa Utilitas (Lanjutan)

| Spesifikasi                          | Pompa Utilitas                                                 |                                                                 |                                                                                         |                                                                                    |                                                                                                        |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kode                                 | PU – 11                                                        | PU – 12                                                         | PU – 13                                                                                 | PU – 14                                                                            | PU – 15                                                                                                |
| <b>Tujuan/Fungsi peruntukan alat</b> | Mengalirkan air dari tangki klorinasi menuju tangki air bersih | Mengalirkan air dari Tangki Air Bersih (TU-04) ke area domestik | Mengalirkan air dari tangki air <i>service</i> menuju area kebutuhan air <i>service</i> | Mengalirkan air dari Bak Air Dingin (BU-03) menuju ke <i>Cooling Tower</i> (CT-01) | Mengalirkan air dingin dari <i>Cooling Tower</i> (CT-01) ke <i>recycle</i> dari Bak Air Dingin (BU-06) |
| <b>Jenis</b>                         | <i>Centrifugal Pump Single Stage</i>                           |                                                                 |                                                                                         |                                                                                    |                                                                                                        |
| <b>Tipe</b>                          | <i>Mixed Flow Impellers</i>                                    | <i>Mixed Flow Impellers</i>                                     | <i>Mixed Flow Impellers</i>                                                             | <i>Axial Flow Impellers</i>                                                        | <i>Axial Flow Impellers</i>                                                                            |
| <b>Bahan</b>                         | <i>Commercial Steel</i>                                        |                                                                 |                                                                                         |                                                                                    |                                                                                                        |
| <b>Kapasitas, gpm</b>                | 10,183                                                         | 10,183                                                          | 2,648                                                                                   | 267,410                                                                            | 267,410                                                                                                |
| <b>Spesifikasi</b>                   |                                                                |                                                                 |                                                                                         |                                                                                    |                                                                                                        |
| <b>Pump head, m</b>                  | 3,0002                                                         | 3,0002                                                          | 3,0002                                                                                  | 3,0002                                                                             | 3,0002                                                                                                 |
| <b>Sch.</b>                          | 40                                                             | 40                                                              | 40                                                                                      | 40                                                                                 | 40                                                                                                     |
| <b>Tenaga Pompa (hP)</b>             | 0,136                                                          | 0,136                                                           | 0,035                                                                                   | 1,238                                                                              | 1,238                                                                                                  |
| <b>Tenaga Motor (hP)</b>             | 0,25                                                           | 0,25                                                            | 0,083                                                                                   | 2                                                                                  | 2                                                                                                      |

Tabel 5. 9 Spesifikasi Pompa Utilitas (Lanjutan)

| Spesifikasi   | Pompa Utilitas              |                                       |                                 |                     |                      |                      |
|---------------|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| Kode          | PU – 16                     | PU – 17                               | PU – 18                         | PU – 19             | PU – 20              | PU – 21              |
| <b>Fungsi</b> | Mengalirkan air dari Tangki | Mengalirkan air dari <i>Mixed Bed</i> | Mengalirkan air dari tangki air | Mengalirkan larutan | Mengalirkan air dari | Mengalirkan air dari |

|                            |                                              |                                 |                                               |                                                                   |                                        |                                                                |
|----------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
|                            | larutan NaCl menuju <i>Mixed Bed</i> (TU-05) | (TU-05) menuju Tangki air Demin | Demin (TU-08) menuju Tangki Deaerator (DE-01) | Hydrazine dari Tangki N2H4 (T-08) menuju Tangki Deaerator (DE-01) | Deaerator (DE-01) menuju <i>Boiler</i> | Tangki air <i>service</i> menuju area kebutuhan <i>service</i> |
| <b>Jenis</b>               | <i>Centrifugal Pump Single Stage</i>         |                                 |                                               |                                                                   |                                        |                                                                |
| <b>Tipe</b>                | <i>Radial Flow Impellers</i>                 | <i>Radial Flow Impellers</i>    | <i>Radial Flow Impellers</i>                  | <i>Radial Flow Impellers</i>                                      | <i>Radial Flow Impellers</i>           | <i>Mixed Flow Impellers</i>                                    |
| <b>Bahan</b>               | <i>Commercial Steel</i>                      |                                 |                                               |                                                                   |                                        |                                                                |
| <b>Kapasitas, gpm</b>      | 0,008                                        | 0,668                           | 0,668                                         | 0,668                                                             | 0,668                                  | 2,648                                                          |
| <b>Spesifikasi</b>         |                                              |                                 |                                               |                                                                   |                                        |                                                                |
| <b><i>Pump head, m</i></b> | 3,0000                                       | 3,0001                          | 3,0001                                        | 3,0001                                                            | 3,0001                                 | 3,0002                                                         |
| <b><i>Sch.</i></b>         | 40                                           | 40                              | 40                                            | 40                                                                | 40                                     | 40                                                             |
| <b>Tenaga Pompa (hP)</b>   | 0,0001                                       | 0,009                           | 0,009                                         | 0,009                                                             | 0,009                                  | 0,035                                                          |
| <b>Tenaga Motor (hP)</b>   | 0,05                                         | 0,05                            | 0,05                                          | 0,05                                                              | 0,05                                   | 0,05                                                           |

## 5.7.2 Bak Utilitas

Tabel 5. 10 Spesifikasi Bak Utilitas

| Spesifikasi  | Bak Utilitas                                                                           |                                                                                                                                   |                                                                                                                         |                                                                                           |                                                                             |                                   |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Kode         | BU – 01                                                                                | BU – 02                                                                                                                           | BU – 03                                                                                                                 | BU – 04                                                                                   | BU – 05                                                                     | BU – 06                           |
| Fungsi       | Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai dengan proses sedimentasi | Mengendapkan kotoran yang berupa dispresi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan yang berfungsi untuk menggumpalkan kotoran | Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (menghilangkan flokulasi) | Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari sungai dengan proses flokusasi | Menampung sementara <i>raw water</i> setelah disaring di <i>sand filter</i> | Menampung kebutuhan air pendingin |
| Jenis        | Bak Persegi                                                                            | Bak Silinder Tegak                                                                                                                | Bak Persegi                                                                                                             | Bak Persegi                                                                               | Bak Persegi                                                                 | Bak Persegi                       |
| Bahan        | Beton Betulang Dilapisi Porselin                                                       |                                                                                                                                   |                                                                                                                         |                                                                                           |                                                                             |                                   |
| Spesifikasi  |                                                                                        |                                                                                                                                   |                                                                                                                         |                                                                                           |                                                                             |                                   |
| Panjang, m   | 9,876                                                                                  |                                                                                                                                   | 9,708                                                                                                                   | 9,544                                                                                     | 5,074                                                                       | 14,391                            |
| Lebar, m     | 9,876                                                                                  |                                                                                                                                   | 9,708                                                                                                                   | 9,544                                                                                     | 5,074                                                                       | 14,391                            |
| Tinggi, m    | 4,938                                                                                  | 4,595                                                                                                                             | 4,854                                                                                                                   | 4,772                                                                                     | 2,537                                                                       | 7,196                             |
| Diameter, m  |                                                                                        | 4,595                                                                                                                             |                                                                                                                         |                                                                                           |                                                                             |                                   |
| Jumlah, unit | 1                                                                                      | 1                                                                                                                                 | 1                                                                                                                       | 1                                                                                         | 1                                                                           | 1                                 |

### 5.7.3 Tangki Utilitas

Tabel 5. 11 Spesifikasi Tangki Utilitas

| Spesifikasi  | Tangki Utilitas                                                 |                                                                                 |                                                                                                  |                                                       |
|--------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Kode         | TU – 01                                                         | TU – 02                                                                         | TU – 03                                                                                          | TU – 04                                               |
| Fungsi       | Menyiapkan dan menyimpan larutan alum 5% untuk 1 minggu operasi | Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga | Menampung kebutuhan kaporit selama 1 minggu yang akan dimasukkan kdalam tangki klorinasi (TU-01) | Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga |
| Jenis        | Silinder Tegak                                                  | Silinder Berpengaduk                                                            | Silinder Tegak                                                                                   | Silinder Tegak                                        |
| Bahan        | Carbon steel                                                    |                                                                                 |                                                                                                  |                                                       |
| Spesifikasi  |                                                                 |                                                                                 |                                                                                                  |                                                       |
| Tinggi, m    | 1,380                                                           | 1,444                                                                           | 0,188                                                                                            | 4,166                                                 |
| Diameter, M  | 1,380                                                           | 1,444                                                                           | 0,188                                                                                            | 4,166                                                 |
| Volume, m3   | 4,126                                                           | 2,365                                                                           | 0,005                                                                                            | 56,750                                                |
| Jumlah, unit | 1                                                               | 1                                                                               | 1                                                                                                | 1                                                     |

Tabel 5. 12 Spesifikasi Tangki Utilitas (Lanjutan)

| Spesifikasi            | Tangki Utilitas                                       |                                                                                                   |                                  |                                                 |
|------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------|
| Kode                   | TU – 05                                               | TU – 06                                                                                           | TU – 07                          | TU – 08                                         |
| Fungsi                 | Menampung air bertekanan untuk keperluan layanan umum | Menampung / menyimpan larutan NaCl yang akan digunakan untuk meregenerasi <i>kation exchanger</i> | Menampung air untuk umpan boiler | Menyimpan larutan N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> |
| Jenis                  | Silinder Tegak                                        | Silinder Tegak                                                                                    | Silinder Tegak                   | Silinder Tegak                                  |
| Bahan                  | Carbon steel                                          |                                                                                                   |                                  |                                                 |
| Spesifikasi            |                                                       |                                                                                                   |                                  |                                                 |
| Tinggi, m              | 2,659                                                 | 0,455                                                                                             | 1,680                            | 0,586                                           |
| Diameter, m            | 2,659                                                 | 0,455                                                                                             | 1,680                            | 0,586                                           |
| Volume, m <sup>3</sup> | 14,760                                                | 0,074                                                                                             | 3,725                            | 0,158                                           |
| Jumlah, unit           | 1                                                     | 1                                                                                                 | 1                                | 1                                               |

#### 5.7.4 Screener Utilitas

Tabel 5. 13 Spesifikasi *Screener* Utilitas

| Spesifikasi  | <i>Screener</i>                                                                                |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kode         | FU – 01                                                                                        |
| Fungsi       | Menyaring kotoran-kotoran yang berukuran besar seperti daun, ranting dan sampah-sampah lainnya |
| Bahan        | Aluminium                                                                                      |
| Lebar, ft    | 8                                                                                              |
| Panjang, ft  | 10                                                                                             |
| Diameter, cm | 1                                                                                              |
| Jumlah       | 1                                                                                              |

#### 5.7.5 Sand Filter Utilitas

Tabel 5. 14 Spesifikasi *Sand Filter* Utilitas

| Spesifikasi | <i>Sand Filter</i>                                          |
|-------------|-------------------------------------------------------------|
| Kode        | FU – 02                                                     |
| Fungsi      | Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air sungai |
| Bahan       | <i>Spheres</i>                                              |
| Panjang, m  | 2,487                                                       |
| Lebar, m    | 2,487                                                       |
| Tinggi, m   | 1,244                                                       |
| Jumlah      | 1                                                           |

#### 5.7.6 Cooling Tower Utilitas

Tabel 5. 15 Spesifikasi *Cooling Tower* Utilitas

| Spesifikasi | <i>Cooling Tower</i>                         |
|-------------|----------------------------------------------|
| Kode        | CT – 01                                      |
| Jenis       | <i>Cooling Tower Induced Draft</i>           |
| Fungsi      | Mendinginkan air pendingin setelah digunakan |
| Panjang, m  | 2,469                                        |
| Lebar, m    | 2,469                                        |
| Tinggi, m   | 2,927                                        |
| Jumlah      | 1                                            |

### 5.7.7 Mixed Bed Utilitas

Tabel 5. 16 Spesifikasi *Mixed Bed* Utilitas

|                                        |                                                                                                                                           |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Spesifikasi</b>                     | <i>Mixed Bed</i>                                                                                                                          |
| <b>Kode</b>                            | MB – 01                                                                                                                                   |
| <b>Fungsi</b>                          | Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation seperti Ca, dan Mg, serta anion seperti Cl, SO <sub>4</sub> , dan NO <sub>3</sub> |
| <b>Jenis</b>                           | Tangki silinder tegak                                                                                                                     |
| <b>Resin</b>                           | Zeolit                                                                                                                                    |
| <b>Diameter tangki, m</b>              | 0,130                                                                                                                                     |
| <b>Tinggi tangki, m</b>                | 1,676                                                                                                                                     |
| <b>Volume bed, m<sup>3</sup></b>       | 0,018                                                                                                                                     |
| <b>Volume bak resin, m<sup>3</sup></b> | 111,699                                                                                                                                   |
| <b>Tebal, in</b>                       | 0,188                                                                                                                                     |
| <b>Jumlah</b>                          | 1                                                                                                                                         |

### 5.7.8 Deaerator Utilitas

Tabel 5. 17 Spesifikasi Deaerator Utilitas

|                              |                                                                                                                                    |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Spesifikasi</b>           | Deaerator                                                                                                                          |
| <b>Kode</b>                  | DE – 01                                                                                                                            |
| <b>Fungsi</b>                | Menghilangkan gas CO <sub>2</sub> dan O <sub>2</sub> yang terikat dalam feed water yang menyebabkan kerak pada reboiler dan turbin |
| <b>Jenis</b>                 | Tangki silinder tegak                                                                                                              |
| <b>Tinggi, m</b>             | 0,583                                                                                                                              |
| <b>Diameter, m</b>           | 0,583                                                                                                                              |
| <b>Volume, m<sup>3</sup></b> | 0,155                                                                                                                              |
| <b>Jumlah</b>                | 1                                                                                                                                  |

### 5.7.9 *Blower Cooling Tower Utilitas*

Tabel 5. 18 Spesifikasi *Blower Cooling Tower Utilitas*

| <b>Spesifikasi</b>                   | <b><i>Blower Cooling Tower</i></b>                                           |  |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>Kode</b>                          | BL – 01                                                                      |  |
| <b>Fungsi</b>                        | Menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan degan air yang akan didinginkan |  |
| <b>Jenis</b>                         | <i>Centrifugal Blower</i>                                                    |  |
| <b>Bahan</b>                         | <i>Carbon Steel SA-285 grade C</i>                                           |  |
| <b>Kapasitas, ft<sup>3</sup>/Jam</b> | 1567029,409                                                                  |  |
| <b>Efisiensi</b>                     | 0,84                                                                         |  |
| <b>Power, hP</b>                     | 4                                                                            |  |
| <b>Jumlah</b>                        | 1                                                                            |  |

## **BAB VI**

### **EVALUASI EKONOMI**

#### **6.1 Evaluasi Ekonomi**

Pada evaluasi ekonomi perancangan pabrik novolak resin dari fenol dan formaldehid merupakan salah satu aspek yang sangat penting dalam pendirian suatu pabrik. Dengan dilakukannya evaluasi ekonomi bisa untuk memperkirakan modal investasi untuk mengetahui apakah pabrik yang sedang dirancang layak atau tidak jika didirikan. Salah satu bagian penting dari perancangan pabrik ini adalah estimasi harga dari alat-alat yang akan digunakan dalam kebutuhan pabrik, karena harga alat tersebut digunakan sebagai dasar patokan untuk estimasi, evaluasi, analisa ekonomi tentang kelayakan investasi penanaman modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik dengan melihat kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang akan diperoleh kedepannya, lamanya modal penanaman investasi dapat dikembalikan, dan terjadinya titik impas atau balik modal.

Hal-hal yang perlu ditinjau atau di analisa pada perancangan pabrik novolak resin ini yaitu dalam kelayakan investasi penanaman modal dalam sebuah pabrik novolak resin dapat diperkirakan dan dianalisa antara lain :

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

Ada beberapa hal yang harus diperkirakan sebelum melakukan analisis terhadap lima faktor diatas, yakni :

1. Penentuan modal industri (*fixed capital investment*) yang meliputi :
  - a. Modal tetap (*fixed capital investment*).
  - b. Modal kerja (*working capital investment*).
2. Penentuan total biaya produksi (*total production cost*) yang meliputi :
  - a. Biaya pembuatan (*manufacturing cost*).
  - b. Biaya pengeluaran umum (*general expenses*).
3. Pendapatan Modal

Perkiraan yang perlu dilakukan untuk mengetahui titik impas, sebagai berikut :

- a. Biaya tetap per tahun (*fixed cost annual*).
- b. Biaya variabel per tahun (*variable cost annual*).
- c. Biaya mengambang (*regulated cost annual*).

## **6.2 Penaksiran Harga Peralatan**

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

Pabrik novolak resin beroperasi selama satu tahun produksi yaitu 330 hari, dan tahun evaluasi pada tahun 2028. Di dalam analisa ekonomi harga-harga alat maupun harga-harga lain diperhitungkan pada tahun analisa. Untuk mengetahui

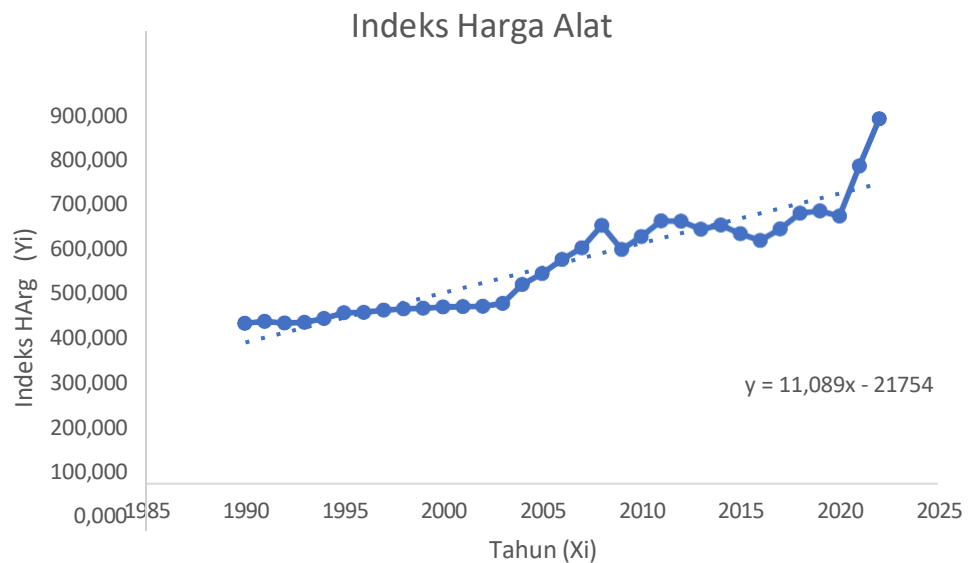
harga alat pada tahun 2028 untuk pendirian pabrik, maka dicari indeks pada tahun tersebut. Harga indeks pada tahun 2028 dapat diperkirakan dengan data indeks dari tahun- tahun sebelumnya. Pada analisis ini menggunakan data indeks harga pada tahun 1990 sampai dengan 2018 yang kemudian dicari menggunakan persamaan regresi linier. Grafik hubungan antara tahun dan indeks harga dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 6. 1 Indeks Harga Alat (Chemical Engineering Progress, 2017)

| No. | Tahun (Xi) | Indeks (Yi) |
|-----|------------|-------------|
| 1   | 1990       | 357,6       |
| 2   | 1991       | 361,3       |
| 3   | 1992       | 358,2       |
| 4   | 1993       | 359,2       |
| 5   | 1994       | 368,1       |
| 6   | 1995       | 381,1       |
| 7   | 1996       | 381,7       |
| 8   | 1997       | 386,5       |
| 9   | 1998       | 389,5       |
| 10  | 1999       | 390,6       |
| 11  | 2000       | 394,1       |
| 12  | 2001       | 394,3       |
| 13  | 2002       | 395,6       |
| 14  | 2003       | 402,0       |
| 15  | 2004       | 444,2       |
| 16  | 2005       | 468,2       |

|    |      |       |
|----|------|-------|
| 17 | 2006 | 499,6 |
| 18 | 2007 | 525,4 |
| 19 | 2008 | 575,4 |
| 20 | 2008 | 521,9 |
| 21 | 2009 | 550,8 |
| 22 | 2010 | 585,7 |
| 23 | 2011 | 584,6 |
| 24 | 2012 | 567,3 |
| 25 | 2013 | 576,1 |
| 26 | 2014 | 556,8 |
| 27 | 2015 | 541,7 |
| 28 | 2016 | 567,5 |
| 29 | 2017 | 603,1 |
| 21 | 2018 | 607,5 |

Dari data diatas, maka persamaan regresi linear yang diperoleh adalah  $y = 11,089x - 21754$ . Pabrik novolak resin dari fenol dan formaldehid kapasitas 15.000 ton/tahun akan didirikan pada tahun 2028 dan beroperasi pada tahun 2029. Dari persamaan regresi linear tersebut diperoleh indeks sebesar 752,744 pada tahun 2028. Grafik hubungan antara tahun dan indeks harga dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 6. 1 Grafik Indeks Harga Alat

Dengan asumsi kenaikan linear, berdasarkan data di atas maka didapatkan persamaan berikut :

$$y = 11,089x - 21754$$

Dimana :

y : indeks harga

x : tahun pembelian

Dari persamaan di atas didapatkan harga indeks pada tahun 2028 adalah 752,744. Harga alat pada tahun pabrik didirikan dapat ditentukan berdasarkan harga pada tahun referensi dikalikan dengan rasio indeks harga (DallaValle, 1955).

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

Dimana :

Ex : Harga pembelian pada tahun 2028

Ey : Harga pembelian pada tahun referensi

Nx : Indeks harga pada tahun 2028

Ny : Indeks harga pada tahun referensi

### 6.3 Dasar Perhitungan

Dasar perhitungan yang digunakan dalam analisis ekonomi pabrik novolak resin ini adalah :

|                    |                         |
|--------------------|-------------------------|
| Kapasitas produksi | = 15.000 Ton/Tahun      |
| Satu tahun operasi | = 330 hari              |
| Pabrik didirikan   | = 2028                  |
| Kurs mata uang     | = 1 US\$ = Rp 15.040,30 |
| (per Juli 2023)    |                         |

### 6.4 Perhitungan Biaya

#### 6.4.1 *Capital Investment*

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

*Capital investment* terdiri dari :

a. *Fixed Capital Investment*

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

b. *Working Capital Investment*

*Working Capital Investment* adalah modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

#### **6.4.2 Manufacturing Cost**

*Manufacturing cost* merupakan jumlah *direct*, *indirect* dan *fixed manufacturing cost*, yang bersangkutan dalam pembuatan produk.

Menurut Aries & Newton (Tabel 23), *manufacturing cost* meliputi:

a. *Direct Cost*

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

b. *Indirect Cost*

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

c. *Fixed Cost*

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

### 6.4.3 General Expense

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

## 6.5 Analisa Kelayakan

Analisa atau evaluasi kelayakan pada suatu perancangan pabrik dilakukan untuk dapat mengetahui seberapa besar keuntungan yang diperoleh sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial untuk didirikan atau tidak. Beberapa komponen yang harus dihitung dalam menyatakan kelayakan suatu pabrik adalah :

### 6.5.1 Return On Investment (ROI)

*Return on investment* merupakan perkiraan suatu keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan pada kecepatan pengembalian modal tetap yang diinvestasikan. Persamaan yang digunakan untuk menghitung *percent return on investment* adalah :

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

Profit atau keuntungan dihitung berdasarkan *annual sales* ( $S_a$ ) dan *total manufacturing cost*. *Finance* akan dihitung sebagai komponen yang berisikan pengembalian hutang selama pembangunan pabrik. Pabrik dengan resiko rendah mempunyai *ROI before tax* sebesar 11% sedangkan pada pabrik dengan resiko tinggi minimum *ROI before tax* sebesar 44%.

### 6.5.2 *Pay Out Time (POT)*

*Pay out time* merupakan waktu pengambilan modal yang dihasilkan dari keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui beberapa tahun modal investasi yang dilakukan akan kembali. Persamaan yang digunakan untuk menghitung *pay out time* adalah.

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

Pabrik dengan resiko rendah mempunyai nilai POT maksimal 5 tahun, sedangkan pada pabrik dengan resiko tinggi mempunyai nilai POT maksimal 2 tahun.

### 6.5.3 *Break Even Point (BEP)*

*Break Event Point* adalah titik impas atau biasa disebut balik modal yaitu suatu titik dimana kondisi pabrik mendapatkan keuntungan maupun kerugian. Perusahaan yang sudah mencapai titik *Break Even Point* yaitu perusahaan yang sudah mempunyai kesamaan antara modal yang di gunakan untuk melakukan proses suatu produksi dengan pendapatan produk yang sudah dihasilkan. Jumlah produksi saat penjualan sama dengan pengeluaran. Pabrik akan mengalami kerugian jika beroperasi dibawah *Break Even Point*. dan apabila beroperasi diatas *Break Even Point* pabrik bisa dikatakan untung. Nilai BEP pabrik kimia pada umumnya adalah 40-60%.

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

Keterangan :

Fa : *Annual fixed manufacturing cost* pada produksi maksimum.

Ra : *Annual regulated expenses* pada produksi maksimum.

Sa : *Annual variable value* pada produksi maksimum.

Va : *Annual sales value* pada produksi maksimum.

#### 6.5.4 Shut Down Point (SDP)

*Shut down point* adalah titik di mana suatu aktivitas produksi dalam pabrik harus berhenti, hal ini disebabkan ada beberapa penyebab diantaranya yaitu *variable cost* yang sangat tinggi, atau keputusan yang salah dalam pengambilan keputusan yang mengakibatkan *cost* tidak ekonomis dan menyebabkan pabrik tidak menghasilkan profit yang diharapkan. Kapasitas persen minimal suatu pabrik bisa mencapai kapasitas produk dalam jangka waktu satu tahun, apabila persen yang ditentukan tidak bisa dicapai dalam waktu satu tahun maka pabrik yang sebelumnya beroperasi harus diberhentikan/ditutup sementara atau ditutup secara permanen.

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

Dimana :

Ra : *Annual regulated expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual variable value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual sales value* pada produksi maksimum

#### 6.5.5 *Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR)*

*Discount Cash Flow Rate of Return* merupakan salah satu cara metode yang digunakan untuk menghitung prospek suatu pertumbuhan investasi dalam beberapa kurun waktu kedepan. Gambaran dari metode *Discount Cash Flow Rate of Return* ini jika kita sebagai seorang investor dan menginvestasikan sebagian dana, ingin mengetahui pertumbuhan berapa persen atau mungkin berapa kali lipat setelah beberapa waktu kedepan. Biasa disebut juga arus kas yang terdiskon, dikarenakan dari cara menghitungnya adalah dengan mengestimasi arus dana yang akan datang untuk kemudian di potong dan bisa menghasilkan nilai pada masa terkini.

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

Keterangan :

FC : *Fixed Capital*

WC : *Working Capital*

SV : *Salvage Value*

C : *Cash Flow*

(*Profit After Taxes + Depresiasi + Finance*)

n : Umur Pabrik = 10 Tahun

i : Nilai DCFR

## 6.6 Hasil Perhitungan

Hasil rancangan perhitungan rencana pendirian pabrik novolak resin dari fenol dan formaldehid ini memerlukan perencanaan keuangan dan analisis yang baik untuk meninjau apakah pabrik ini layak untuk didirikan atau tidak. Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 6.2 sampai dengan Tabel 6.14.

### 6.6.1 Penentuan *Fixed Capital Investment (FCI)*

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

| <b>Type of Capital Investment</b>  | <b>Harga (Rp)</b>      | <b>Harga (\$)</b>    |
|------------------------------------|------------------------|----------------------|
| <i>Purchased Equipment Cost</i>    | 41.629.237.288         | 2,767,846.206        |
| <i>Delivered Equipment Cost</i>    | 10.407.309.322         | 691,961.551          |
| Instalasi Cost                     | 13.282.577.853         | 883,132.508          |
| Pemipaan                           | 30.461.588.297         | 2,025,331.163        |
| Instrumentasi                      | 11.622.897.278         | 772,783.607          |
| Insulasi                           | 2.608.777.392          | 173,452.484          |
| Listrik                            | 4.162.923.729          | 276,784.621          |
| Bangunan                           | 13.145.400.000         | 874,011.822          |
| <i>Land &amp; Yard Improvement</i> | 20.967.000.000         | 1,394,054.640        |
| <b>Physical Plant Cost (PPC)</b>   | <b>148.287.711.159</b> | <b>9,859,358.601</b> |

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

| <b>Type of Capital Investment</b>   | <b>Harga (Rp)</b>      | <b>Harga (\$)</b>     |
|-------------------------------------|------------------------|-----------------------|
| <i>Engineering and Construction</i> | 29.657.542.232         | 1,971,871.720         |
| <i>Physical Plant Cost (PPC)</i>    | 148.287.711.159        | 9,859,358.601         |
| <b>Total (DPC+PPC)</b>              | <b>177.945.253.391</b> | <b>11,831,230.321</b> |

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

| <i><b>Type of Capital Invesment</b></i>     | <b>Harga (Rp)</b>      | <b>Harga (\$)</b>     |
|---------------------------------------------|------------------------|-----------------------|
| Total DPC+PPC                               | 177.945.253.391        | 11,831,230.321        |
| Kontraktor                                  | 71.178.101.356         | 4,732,492.128         |
| Biaya tak terduga                           | 17.794.525.339         | 1,183,123.032         |
| <b><i>Fixed Capital Invesment (FCI)</i></b> | <b>266.917.880.087</b> | <b>17,746,845.481</b> |

#### 6.6.2 Penentuan *Total Production Cost (TPC)*

Tabel 6. 5 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

| <i><b>Type of Expense</b></i>                  | <b>Harga (Rp)</b>      | <b>Harga (\$)</b>     |
|------------------------------------------------|------------------------|-----------------------|
| <i>Raw Material</i>                            | 771.061.116.255        | 51,266,338.853        |
| Labor                                          | 13.5224.000.000        | 899,184.192           |
| Supervision                                    | 1.352.400.000          | 89,918.419            |
| <i>Maintenance</i>                             | 5.338.357.602          | 354,936.910           |
| <i>Plant Supplies</i>                          | 800.753.640            | 53,240.536            |
| <i>Royalty and Patents</i>                     | 24.460.800.000         | 81,317,526.911        |
| <i>Utilities</i>                               | 1.798.584.608          | 119,584.357           |
| <b><i>Direct Manufacuturing Cost (DMC)</i></b> | <b>818.336.012.106</b> | <b>54,409,553.806</b> |

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

| <i><b>Type of Expense</b></i>                   | <b>Harga (Rp)</b>     | <b>Harga (\$)</b>    |
|-------------------------------------------------|-----------------------|----------------------|
| <i>Payroll OverHead</i>                         | 2.028.600.000         | 134,877.629          |
| <i>Laboratory</i>                               | 1.352.400.000         | 89,918.419           |
| <i>Plant OverHead</i>                           | 6.762.000.000         | 449,592.096          |
| <i>Packaging and Shipping</i>                   | 61.152.000.000        | 4,065,876.346        |
| <b><i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i></b> | <b>71.295.000.000</b> | <b>4,740,264.489</b> |

Tabel 6. 7 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

| <i><b>Type of Expense</b></i>                | <b>Harga (Rp)</b>     | <b>Harga (\$)</b>    |
|----------------------------------------------|-----------------------|----------------------|
| <i>Depreciation</i>                          | 21.353.430.407        | 1,419,747.638        |
| <i>Property Taxes</i>                        | 2.669.178.801         | 177,468.455          |
| <i>Insurance</i>                             | 2.669.178.801         | 177,468.455          |
| <b><i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i></b> | <b>26.691.788.009</b> | <b>1,774,684.548</b> |

Tabel 6. 8 *Manufacturing Cost (MC)*

| <b><i>Type of Expense</i></b>            | <b>Harga (Rp)</b>      | <b>Harga (\$)</b>     |
|------------------------------------------|------------------------|-----------------------|
| <i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>   | 818.336.012.106        | 54,409,553.806        |
| <i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i> | 71.295.000.000         | 4,740,264.489         |
| <i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>    | 26.691.788.009         | 1,774,684.548         |
| <b><i>Manufacturing Cost (MC)</i></b>    | <b>916.322.800.115</b> | <b>60,924,502.843</b> |

Tabel 6. 9 *Working Capital (WC)*

| <b><i>Type of Expense</i></b>      | <b>Harga (Rp)</b>        | <b>Harga (\$)</b>       |
|------------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| <i>Raw Material Inventory</i>      | 70.096.465.114           | 4,660,576.259           |
| <i>In Process Inventory</i>        | 1.374.484.200.172        | 91,386,754.265          |
| <i>Product Inventory</i>           | 83.302.072.738           | 5,538,591.168           |
| <i>Extended Credit</i>             | 111.185.454.545          | 7,392,502.446           |
| <i>Available Cash</i>              | 83.302.072.737           | 5,538,591.168           |
| <b><i>Working Capital (WC)</i></b> | <b>1.722.370.265.306</b> | <b>114,5517,015.306</b> |

Tabel 6. 10 *General Expense (GE)*

| <b><i>Type of Expense</i></b>      | <b>Harga (Rp)</b>      | <b>Harga (\$)</b>     |
|------------------------------------|------------------------|-----------------------|
| <i>Administration</i>              | 24.460.800.000         | 1,626,350.538         |
| <i>Sales Expense</i>               | 122.304.000.000        | 8,131,752.691         |
| <i>Research</i>                    | 34.245.120.000         | 2,276,891.754         |
| <i>Finance</i>                     | 39.785.762.908         | 2,645,277.216         |
| <b><i>General Expense (GE)</i></b> | <b>220.795.682.908</b> | <b>14,680,271.199</b> |

Tabel 6. 11 *Total Production Cost (TPC)*

| <i>Type of Expense</i>                    | <b>Harga (Rp)</b>        | <b>Harga (\$)</b>     |
|-------------------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| <i>Manufacturing Cost (MC)</i>            | 916.322.800.115          | 60,924,502.843        |
| <i>General Expense (GE)</i>               | 220.795.682.908          | 14,680,271.199        |
| <b><i>Total Production Cost (TPC)</i></b> | <b>1.137.118.483.022</b> | <b>75,604,774.042</b> |

### 6.6.3 Penentuan *Fixed Cost (Fa)*

Tabel 6. 12 *Fixed Cost (Fa)*

| <i>Type of Expense</i>        | <b>Harga (Rp)</b>     | <b>Harga (\$)</b>    |
|-------------------------------|-----------------------|----------------------|
| <i>Depreciation</i>           | 21.353.430.407        | 1,419,747.638        |
| <i>Property Taxes</i>         | 2.669.178.801         | 177,468.455          |
| <i>Insurance</i>              | 2.669.178.801         | 177,468.455          |
| <b><i>Fixed Cost (Fa)</i></b> | <b>26.691.788.009</b> | <b>1,774,684.548</b> |

### 6.6.4 Penentuan *Variable Cost (Va)*

Tabel 6. 13 *Variable Cost (Va)*

| <i>Type of Expense</i>           | <b>Harga (Rp)</b>      | <b>Harga (\$)</b>     |
|----------------------------------|------------------------|-----------------------|
| <i>Raw Material</i>              | 771.061.116.255        | 51,266,338.853        |
| <i>Packaging &amp; Shipping</i>  | 61.152.000.000         | 1,065,876.346         |
| <i>Utilities</i>                 | 1.798.584.608          | 119,584.357           |
| <i>Royalties and Patents</i>     | 24.460.800.000         | 1,626,350.538         |
| <b><i>Variable Cost (Va)</i></b> | <b>858.472.500.864</b> | <b>57,078,150.094</b> |

### 6.6.5 Penentuan *Regulated Cost* (Ra)

Tabel 6. 14 *Regulated Cost* (Ra)

| <i>Type of Expense</i>  | <b>Harga (Rp)</b> | <b>Harga (\$)</b> |
|-------------------------|-------------------|-------------------|
| <i>Labor Cost</i>       | 13.524.000.000    | 899,184.192       |
| <i>Plant overHead</i>   | 6.762.000.000     | 449,592.096       |
| <i>Payroll overHead</i> | 2.028.600.000     | 134,877.629       |
| <i>Supervision</i>      | 1.352.400.000     | 89,918.419        |
| <i>Laboratory</i>       | 1.352.400.000     | 89,918.419        |
| <i>Maintenance</i>      | 5.338.357.602     | 354,936.910       |
| <i>Plant Supplies</i>   | 800.753.640       | 53,240.536        |
| <i>General Expense</i>  | 220.795.682.908   | 14,680,271.199    |

## 6.1 Hasil Analisa Keuntungan

$$\text{Keuntungan} = \text{Total Penjualan Produk} - \text{Total Biaya Produksi}$$

Total penjualan produk = Rp. 1.223.040.000.000

Total biaya produksi = Rp. 1.137.118.483.022

Keuntungan sebelum pajak = Rp. 85.921.516.978

Keuntungan setelah pajak = Rp. 67.737.213.582

## 6.2 Hasil Kelayakan Ekonomi

### 6.2.1 *Percent Return On Investment* (%ROI)

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

ROI sebelum pajak = 32%

ROI setelah pajak = 26%

### 6.2.2 Pay Out Time (POT)

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

POT sebelum pajak = 2,370

POT sesudah pajak = 2,797

### 6.2.3 Break Even Point (BEP)

Fixed Cost (Fa) = Rp. 26.691.788.009

Variabel Cost (Va) = Rp. 858.472.500.864

Regulated Cost (Ra) = Rp. 251.954.194.150

Penjualan Produk (Sa) = Rp. 1.223.040.000.000

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

BEP = 54,346%

### 6.2.4 Shut Down Point (SDP)

$$SDP = \frac{(0,3Ra)}{(Sa - Va - 0,7Ra)} \times 100\% = 40,163\%$$

### 6.2.5 Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)

Umur pabrik = 10 Tahun

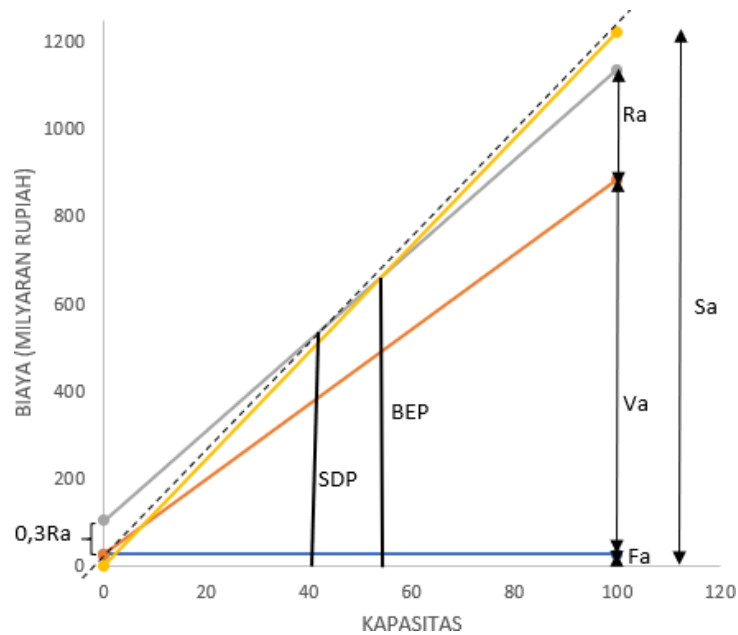
Cash Flow = Rp. 129.876.406.897

Working Capital (WC) = Rp. 1.722.370.265.307

Salvage Value (SV) = Rp. 21.353.430.407

Fixed Capital (Fa) = Rp. 266.917.880.087

Dengan *Trial and Error* diperoleh nilai  $I$  sebesar 0,066 sehingga diperoleh nilai *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)* adalah sebesar 6,613%.



Gambar 6. 2 Grafik Evaluasi Ekonomi

Keterangan:

Fa : *Annual fixed manufacturing cost* pada produksi maksimum.

Ra : *Annual regulated expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual variable value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual sales value* pada produksi maksimum

BEP: *Break Even Point*

SDP: *Shut Down Point*

### 6.3 Analisa Resiko Pabrik

Suatu pabrik harus dilihat risikonya apakah pabrik tersebut tinggi (*high risk*) atau beresiko rendah (*low risk*). Resiko pabrik ini dapat ditinjau dari berbagai parameternya yang dapat dilihat dari Tabel 6.15 dan 6.16.

Tabel 6. 15 Hasil Analisa *High Risk* dan *Low Risk*

| No. | Parameter Resiko          | Deskripsi                                                                                                                                                                                             | Risk |     |
|-----|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----|
|     |                           |                                                                                                                                                                                                       | High | Low |
| 1.  | Kondisi Operasi           | Suhu maksimal yang digunakan 180,599 °C                                                                                                                                                               |      | ✓   |
|     |                           | Tekanan maksimal yang digunakan 1 Atm                                                                                                                                                                 |      | ✓   |
| 2.  | Bahan Baku yang Digunakan | <i>Diamond hazard</i> formaldehid :<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Health hazard</i> : 3</li> <li>• <i>Fire hazard</i> : 2</li> <li>• <i>Instability hazard</i> : 0</li> </ul>        | ✓    |     |
|     |                           | <i>Diamond hazard</i> fenol :<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Health hazard</i> : 3</li> <li>• <i>Fire hazard</i> : 2</li> <li>• <i>Instability hazard</i> : 0</li> </ul>              | ✓    |     |
|     |                           | <i>Diamond hazard</i> asam sulfat :<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Health hazard</i> : 3</li> <li>• <i>Fire hazard</i> : 0</li> <li>• <i>Instability hazard</i> : 2</li> </ul>        | ✓    |     |
|     |                           | <i>Diamond hazard</i> natrium hidroksida :<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Health hazard</i> : 3</li> <li>• <i>Fire hazard</i> : 0</li> <li>• <i>Instability hazard</i> : 1</li> </ul> |      | ✓   |

|    |                              |                                                                                                                                                                                               |  |   |
|----|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---|
|    |                              | <i>Diamond hazard</i> air : <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Health hazard</i> : 0</li> <li>• <i>Fire hazard</i> : 0</li> <li>• <i>Instability hazard</i> : 0</li> </ul>           |  | ✓ |
|    |                              | Ketersediaan bahan baku :<br>lokal/dalam negeri                                                                                                                                               |  | ✓ |
| 3. | Sifat Produk yang Dihasilkan | <i>Diamond hazard</i> novolak resin : <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Health hazard</i> : 1</li> <li>• <i>Fire hazard</i> : 1</li> <li>• <i>Instability hazard</i> : 0</li> </ul> |  | ✓ |
| 4. | Regulasi Pemerintah          | Limbah pabrik                                                                                                                                                                                 |  | ✓ |
| 5. | Keberadaan Pabrik            | Desa Terate, Kecamatan Kramatwatu, Kabupaten Serang, Banten.                                                                                                                                  |  | ✓ |

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 6.15 maka dapat disimpulkan bahwa pabrik novolak resin dengan kapasitas 15.000 ton/tahun termasuk ke dalam kategori *low risk*.

Untuk analisa ekonomi diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 6. 16 Hasil Analisa Ekonomi

| Kriteria                   | Terhitung          | Keterangan                                                                  |
|----------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Profit                     |                    |                                                                             |
| Profit sebelum pajak       | Rp. 85.921.516.978 |                                                                             |
| Profit setelah pajak       | Rp. 68.737.213.582 |                                                                             |
| Return On Investment (ROI) |                    |                                                                             |
| ROI sebelum pajak          | 32%                | ROI <i>before taxes</i><br>pabrik <i>low risk</i><br><i>minimum</i> 11%     |
| ROI setelah pajak          | 26%                |                                                                             |
| Pay Out Time (POT)         |                    |                                                                             |
| POT sebelum pajak          | 2,370 Tahun        | POT <i>before taxes</i><br>pabrik <i>low risk</i><br><i>maximum</i> 5 tahun |
| POT setelah pajak          | 2,797 Tahun        |                                                                             |
| BEP                        | 54,346%            | Berkisar 40 – 60%                                                           |
| SDP                        | 40,163%            |                                                                             |
| DCFR                       | 6,613%             | >1,5 bunga bank =<br><i>minimum</i> = 8,25%                                 |

Dari data hasil analisa resiko pabrik dan ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik Novolak Resin dengan kapasitas 15.000

ton/tahun merupakan pabrik yang tergolong dalam *low risk* yang layak dan menarik untuk dikaji lebih lanjut.

## BAB VII

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 7.1 Kesimpulan

Berdasarkan prarancangan pabrik novolak resin dari fenol dan formaldehid dengan kapasitas 15.000 ton/tahun, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pendirian pabrik novolak resin dari fenol dan formaldehid dengan kapasitas 15.000 ton/tahun untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, mengurangi ketergantungan impor, memberikan lapangan pekerjaan dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi.
2. Pabrik akan didirikan di Serang, Banten dengan pertimbangan mudah mendapatkan bahan baku, tenaga kerja, pengembangan pabrik, ketersediaan air dan listrik, serta mempunyai prospek pemasaran yang baik karena lokasinya yang tepat di kawasan industri.
3. Berdasarkan tinjauan kondisi operasi, pemilihan bahan baku dan jenis produk, maka pabrik novolak resin dari fenol dan formaldehid ini tergolong pabrik berisiko rendah (*low risk*).
4. Berdasarkan analisa ekonomi pabrik novolak resin ini, maka didapatkan,
  - a. Keuntungan sebelum pajak : Rp. 85.921.516.978
  - b. Keuntungan setelah pajak : Rp. 68.737.213.582
  - c. Return of Investment sebelum pajak (ROI<sub>b</sub>) : 32%
  - d. Return of Investment setelah pajak (ROI<sub>a</sub>) : 26%
  - e. Pay Out Time sebelum pajak (POT<sub>b</sub>) : 2,370 Tahun

- |                                      |               |
|--------------------------------------|---------------|
| f. Pay Out Time setelah pajak (POTa) | : 2,797 Tahun |
| g. Break Even Point (BEP)            | : 54,346%     |
| h. Shut Down Point (SDP)             | : 40,163%     |
| i. Discounted Cash Flow Rate (DCFR)  | : 6,613%      |
5. Berdasarkan hasil analisa ekonomi, maka pabrik novolak resin dari fenol dan formaldehid dengan kapasitas 15.000 ton/tahun layak untuk didirikan dan dikaji lebih lanjut.

## 7.2 Saran

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

1. Optimasi pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
2. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.
3. Produk novolak resin dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan di masa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat melihat pesatnya kebutuhan masyarakat saat ini.
4. Pendirian pabrik novolak resin dapat menjadi solusi pemerintah untuk mendorong tumbuhnya industri kimia di dalam negeri, agar menjadi sektor penggerak perekonomian nasional.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alma, M. H., Yoshioka, M., Yao, Y., & Shiraishi, N. (1996a). *Phenolation of Wood Using Oxalic Acid as a Catalyst: Effects of Temperature and Hydrochloric Acid Addition*.
- Alma, M. H., Yoshioka, M., Yao, Y., & Shiraishi, N. (1996b). The Preparation and Flow Properties of HCl Catalyzed Phenolated Wood and its Blends with Commercial Novolak Resin. In *Holzforschung* (Vol. 50).
- Alma, M. H., Yoshioka, M., Yao, Y., & Shiraishi, N. (1998). Preparation of sulfuric acid-catalyzed wood resin. In *Wood Science and Technology* (Vol. 32). Springer-Verlag.
- Andi Djemma Palopo, U. (2018). *Analisis Pengendalian Kualitas Produksi Dengan Metode Six-Sigma Pada Industri Air Minum PT Asera Tirta Posidonia, Kota Palopo* *Quality Control Analysis of Production with Six-Sigma Method in Drinking Water Industry PT. Asera Tirta Posidonia: Vol. VII* (Issue 2). Cetak. <http://ojs.unm.ac.id/index.php/sainsmat>
- Bansode, A., Barde, M., Asafu-Adjaye, O., Patil, V., Hinkle, J., Via, B. K., Adhikari, S., Adamczyk, A. J., Farag, R., Elder, T., Labbé, N., & Auad, M. L. (2021). Synthesis of Biobased Novolac Phenol-Formaldehyde Wood Adhesives from Biorefinery-Derived Lignocellulosic Biomass. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 9(33), 10990–11002. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.1c01916>
- Carraher Jr., C. E. (2007). Seymour/Carraher's Polymer Chemistry. In *Seymour/Carraher's Polymer Chemistry*. <https://doi.org/10.1201/9781420051032>
- DallaValle, J. M. (1955). Chemical Engineering Cost Estimation . Robert S. Aries and Robert D. Newton. McGraw-Hill, New York, 1955. xiii + 263 pp. \$6. . *Science*, 122(3180). <https://doi.org/10.1126/science.122.3180.1143.a>
- Hesse, W. (n.d.). "Phenolic Resins," in: *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. [https://doi.org/10.1002/14356007.a19\\_371.pub2](https://doi.org/10.1002/14356007.a19_371.pub2)
- Kirk-Othmer. (1998). Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology - Vol 8. In *Journal of the American Chemical Society* (Vol. 5).
- Peters, M. S., Timmerhaus, K. D., & West, R. E. (2003). Plant Design and Economics for Chemical Engineers 5th Edition. In *Journal of Petrology* (Vol. 369, Issue 1).

- Pizzi, A. (Antonio), & Mittal, K. L. (2003). *Handbook of adhesive technology*. M. Dekker.
- Rokhati, N., & Prasetyaningrum, A. (2008). *PEMBUATAN RESIN PHENOL FORMALDEHID TERHADAP APLIKASINYA SEBAGAI VERNIS* (Vol. 12, Issue 1).
- Sarika, P. R., Nancarrow, P., Khansaheb, A., & Ibrahim, T. (2020). Bio-based alternatives to phenol and formaldehyde for the production of resins. In *Polymers* (Vol. 12, Issue 10, pp. 1–24). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/polym12102237>
- Smith, J. M. (Joseph M., Van Ness, H. C. (Hendrick C. ), Abbott, M. M., & Swihart, M. T. (Mark T. (n.d.). *Introduction to chemical engineering thermodynamics*.
- Suprianto, E. (2016). *PENGENDALIAN KUALITAS PRODUKSI MENGGUNAKAN ALAT BANTU STATISTIK (SEVEN TOOLS) DALAM UPAYA MENEKAN TINGKAT KERUSAKAN PRODUK* (Vol. 6, Issue 2).
- Teknik Juli, D., Prihastono, E., & Prakoso, B. (n.d.). *PERAWATAN PREVENTIF UNTUK MEMPERTAHANKAN UTILITAS PERFORMANCE PADA MESIN COOLING TOWER DI CV.ARHU TAPSELINDO BANDUNG*.
- Uyigue, \*, & Kubianga, L. &. (2018). Estimation of Product Yield and Kinetic Parameters of Phenolic-Resin Pre-Polymer Synthesis Using Acid and Base as Catalyst. In *International Journal of Engineering and Modern Technology* (Vol. 4, Issue 3). [www.iiardpub.org](http://www.iiardpub.org)
- Yaws, C. L. (1999). Chemical Properties Handbook. In *McGRAW-HILL* (Vol. 5, Issue 3).
- Zhang, C., Binienda, W. K., Zeng, L., Ye, X., & Chen, S. (2011). Kinetic study of the novolac resin curing process using model fitting and model-free methods. *Thermochimica Acta*, 523(1–2), 63–69. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2011.04.033>
- Zhao, Y., Zhang, B., Yan, N., & Farnood, R. R. (2013). Synthesis and characterization of phenol formaldehyde novolac resin derived from liquefied mountain pine beetle infested lodgepole pine barks. *Macromolecular Reaction Engineering*, 7(11), 646–660. <https://doi.org/10.1002/mren.201300112>

## **LAMPIRAN A**

## PERANCANGAN TANGKI NaOH

### Perhitungan Tangki NaOH

Kode: T-104

Fungsi: Menyimpan NaOH selama 1 bulan

Kondisi Operasi:  $P = 1 \text{ atm}$

$T = 30 \text{ C}$

Tujuan Perancangan: 1. Menentukan kapasitas NaOH yang akan disimpan

2. Menentukan kondisi operasi

3. Menentukan tipe tangki

4. Menentukan bahan konstruksi

5. Menentukan dimensi tangka

1. Menentukan Kapasitas NaOH yang akan disimpan

Kemurnian produk yang disimpan:

NaOH: 52%

H<sub>2</sub>O: 48%

Waktu penyimpanan: 1 bulan = 30 hari = 720 jam

| Komponen         | Massa<br>(kg/jam) | Fraksi massa | kmol/jam | fraksi mol | kg/bulan |
|------------------|-------------------|--------------|----------|------------|----------|
| cNaOH            | 0.4843            | 0.5201       | 0.0121   | 0.3279     | 348.6855 |
| H <sub>2</sub> O | 0.4468            | 0.4799       | 0.0248   | 0.6721     | 321.6855 |
| Total            | 0.9311            | 1.0000       | 0.0369   | 1.0000     | 670.3711 |

Jumlah NaOH yang disimpan selama 1 bulan adalah:

$M = 670.3711 \text{ kg /bulan} = 1478.168212 \text{ lb/bulan}$

2. Menentukan Kondisi Operasi Penyimpanan

Suhu dan tekanan:

Suhu penyimpanan yang diinginkan adalah dibawah suhu bubble point pada tekanan 1 atm.

Suhu bubble point campuran pada 1 atm adalah 108.73 C

Penyimpanan dilakukan pada:

$P = 1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$

$T = 30 \text{ C} = 303.15 \text{ K}$

| Komponen | A        | B       | C       | D          | E          | P         | Ki        | Ki.xi       |
|----------|----------|---------|---------|------------|------------|-----------|-----------|-------------|
| NaOH     | -48.2774 | -1934   | 17      | 2.964E-11  | -8.751E-07 | 2.650E-10 | 3.487E-13 | 1.81396E-13 |
| H2O      | 29.8605  | -3152.2 | -7.3037 | 2.4247E-09 | 1.809E-06  | 1.029E+03 | 1.353E+00 | 0.64948     |
| Total    |          |         |         |            |            |           |           | 0.649485    |

| Komponen | A       | B       | N       | Tc     | T      | $\rho_i$ | xi      | xi/ $\rho_i$ |              |
|----------|---------|---------|---------|--------|--------|----------|---------|--------------|--------------|
| NaOH     | 0.19975 | 0.09793 | 0.25382 | 2820   | 303.15 | 0.33813  | 0.52014 | 1.53829      |              |
| H2O      | 0.3471  | 0.274   | 0.28571 | 647.13 | 303.15 | 1.02288  | 0.47986 | 0.46913      | $\rho_{mix}$ |
|          |         |         |         |        |        |          |         | 2.00742      | 0.49815      |

Menghitung densitas campuran

Densitas campuran= 0.498150512 g/ml = 498.1505115 kg/m<sup>3</sup> = 31.09852 lb/ft<sup>3</sup>

Volume campuran= 1.3457 m<sup>3</sup> = 47.5237 ft<sup>3</sup>

Over design= 10%

Volume rancangan= 52.27606 ft<sup>3</sup>= 9.36008 bbl

### 3. Menentukan Tipe Tangki

Tipe tangki yang dipilih pada perancangan ini adalah silinder tegak dengan dasar datar (flat bottom) dan atap kerucut (conical roof), dengan pertimbangan sebagai berikut:

- Harga tangki lebih ekonomis
- Tangki beroperasi pada 1 atm sehingga conical roof dapat digunakan

### 4. Menentukan Bahan Konstruksi

Bahan konstruksi yang dipilih pada perancangan ini adalah Carbon Steel SA 283 Grade C dikarenakan lebih ekonomis.

### 5. Menentukan Dimensi Tangki

#### 5.1 Diameter dan tinggi tangka

Berdasarkan hasil perhitungan point nomor 2, diperoleh volume rancangan sebesar 9.36008 bbl. Menurut dari Appendix E Item 1 Brownell & Young, volume tangki standar yang mendekati volume perancangan adalah tangki dengan kapasitas sebesar 14 bbl dengan dimensi sebagai berikut:

Kapasitas = 14 bbl

Diameter (D) = 10 ft =

Tinggi (H) = 12 ft

Jumlah Course = 2

Ketinggian cairan =  $V_{\text{camp}}/A = 0.604847035 \text{ ft} = 0.184357202 \text{ m}$

## 5.2 Tebal dinding Shell

Bahan yang dipilih = Carbon steel SA 283 Grade C

Allowable stress (f) = 12650 lb/in<sup>2</sup>

Corrossion allowance (c) = 0.125

Efisiensi pengelasan (E) = 85% (double welded butt joint)

Tebal plate dirumuskan sebagai berikut :

$$ts = \frac{P.D}{4.f.E} + c \quad (\text{Brownell, pers.3.16})$$

$$Ph = \frac{\rho(H-1)}{144} \quad (\text{Brownell, pers.3.17}) \quad \text{tekanan hidrostatic}$$

sehingga :

$$ts = \frac{(Pin + \rho(H-1)/144)D}{2.f.E} + c = \frac{PinD + \rho(H-1)D/144}{2.f.E} + c$$

pin = 1 atm = 14,7 psi

Pperancangan = 1,2xpin = 17,64 psi

D = 120 in

f = 12650 psi

e = 85%

H = 12 ft

P = 31.09852 lb/ft<sup>3</sup>

Ts = 0.098432923 + 0.001205089 (H-1) + 0.125

$$L = \frac{\pi.D - \text{weld length}}{12.n}$$

Tangki dibagi dalam 2 course, tiap course dibagi menjadi 10 plate yang disambung

Jarak sambungan antar plate adalah 5/32 in. Dipilih lebar standard plate 6 ft.

#Course ke-1

H1 = 12 ft

ts = 0.236688899 in

digunakan tebal shell standard = 0.1875

$$L1 = 3.12983631$$

#Course ke-2

$$H1 = 6 \text{ ft}$$

$$ts = 0.229458366 \text{ in}$$

digunakan tebal shell standard = 0.1875

$$L2 = 3.12983631$$

5.3 Menentukan sudut  $\theta$  pada atap

$$\sin \theta = D/(430.ts) = 0.446511628$$

$$\theta = 26.52009291$$

$$\tan \theta = 0.499019547$$

$$\alpha = 90 - \theta = 63.47990709$$

$$\cos \alpha = 0.446511628$$

$$P_{\text{design}} = P_{\text{op}} + P_{\text{hidrostatik}} = 1 + 1.0064 = 2.0064 \text{ atm} = 29.48595 \text{ psi}$$

$$\text{Overdesign} = P_{\text{design}} \times 1.2 = 35.38314$$

5.4 Menentukan tebal head tangki

$$th = \frac{P.D}{2 \cos \alpha (f.E - 0.6.P)} + c$$

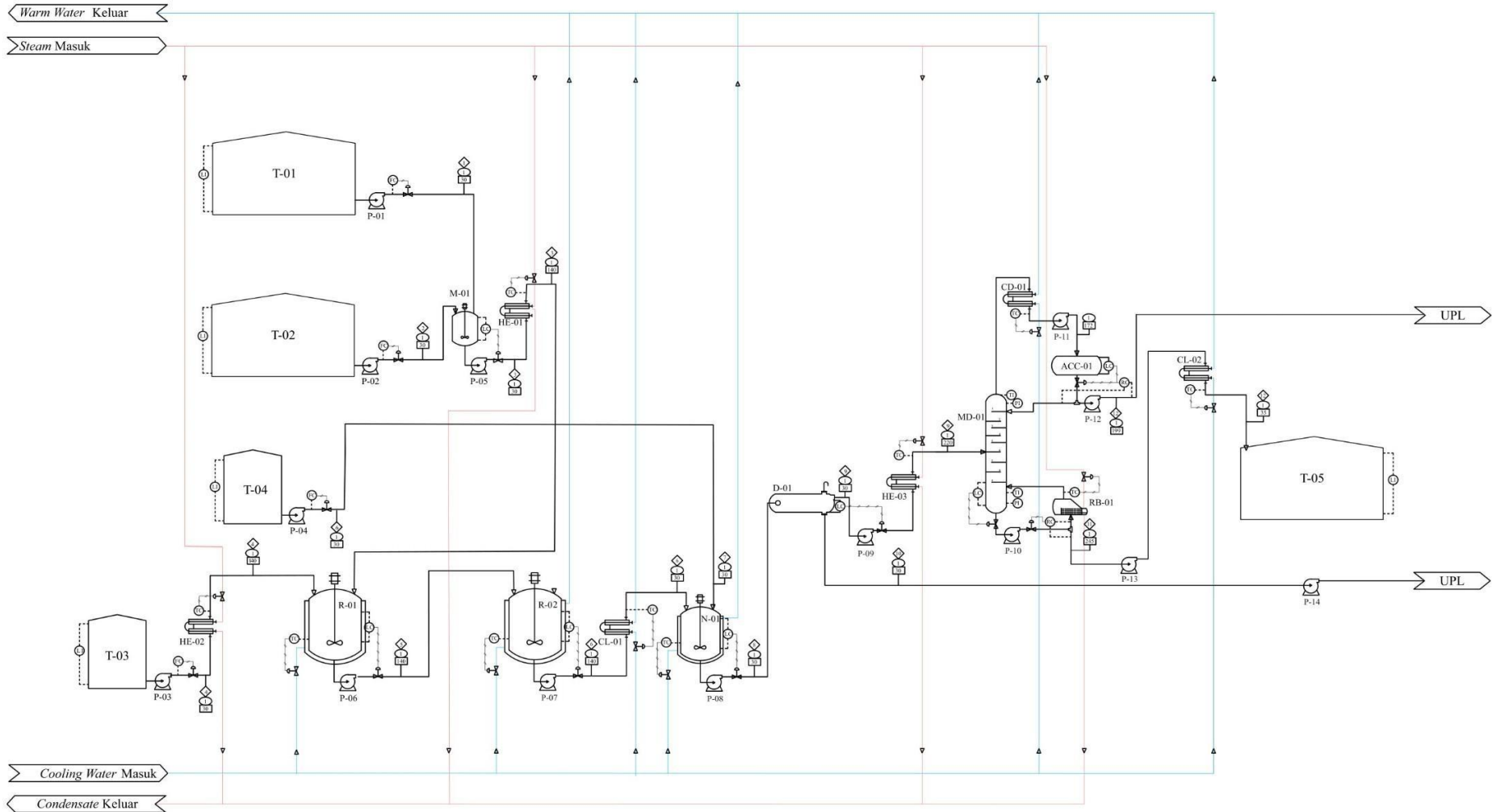
$$th = 0.568061202 \text{ in}$$

Tinggi Head

$$H = (D/2) \cdot \tan \theta = 2.495097736 \text{ ft}$$

## **LAMPIRAN B**

# Process Engineering Flow Diagram Prarancangan Pabrik Novolak Resin dari Fenol dan Formaldehid dengan Kapasitas 14.000 ton/tahun



| Komponen                                       | Laju Alir (kg/jam) |          |          |       |          |          |       |          |          |          |          |         |
|------------------------------------------------|--------------------|----------|----------|-------|----------|----------|-------|----------|----------|----------|----------|---------|
|                                                | 1                  | 2        | 3        | 4     | 5        | 6        | 7     | 8        | 9        | 10       | 11       | 12      |
| C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH               | 2041,674           |          | 2041,674 |       | 653,336  | 441,001  |       | 441,001  | 345,064  | 95,938   | 6,901    | 338,162 |
| C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>                  | 20,623             |          | 20,623   |       | 20,623   | 20,623   |       | 20,623   | 17,923   | 2,700    |          | 17,923  |
| CH <sub>2</sub> O                              |                    | 521,278  | 521,278  |       | 78,192   | 10,426   |       | 10,426   |          |          |          |         |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                 |                    |          |          | 0,511 | 0,511    | 0,511    |       |          |          |          |          |         |
| (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O) <sub>2</sub> |                    |          |          |       | 1565,573 | 1805,013 |       | 1805,013 |          | 8,303    | 1760,775 | 35,934  |
| H <sub>2</sub> O                               |                    | 887,582  | 887,582  | 0,010 | 1153,444 | 1194,104 | 0,452 | 1194,744 | 1796,710 | 1194,744 |          |         |
| NaOH                                           |                    |          |          |       |          |          | 0,417 |          |          |          |          |         |
| Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                |                    |          |          |       |          |          |       | 0,740    |          | 0,740    |          |         |
| Total                                          | 2062,296           | 1480,860 | 3471,157 | 0,521 | 3471,678 | 3471,678 | 0,869 | 3472,547 | 2159,696 | 1312,851 | 1767,677 | 392,019 |

| Keterangan    |                                         |                 |                        |
|---------------|-----------------------------------------|-----------------|------------------------|
| M-01          | Mixer                                   | P-01 s.d P-14   | Pompa                  |
| R-01 s.d R-02 | Reaktor                                 | HE-01 s.d HE-05 | Heater                 |
| N-01          | Neutralizer                             | CL-01 s.d CL-02 | Cooler                 |
| D-01          | Dekanter                                | CD-01           | Condenser              |
| MD-01         | Membran Dialisis                        | RB-01           | Reboiler               |
| T-01          | Tangki C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH | LI              | Level Indicator        |
| T-02          | Tangki CH <sub>2</sub> O                | LC              | Level Controller       |
| T-03          | Tangki H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>   | TC              | Temperature Controller |
| T-04          | Tangki NaOH                             | FC              | Flow Controller        |
| T-05          | Tangki Produk                           |                 |                        |

JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2023

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM  
PRARANCANGAN PABRIK NOVOLAK RESIN  
DARI FENOL DAN FORMALDEHID DENGAN  
KAPASITAS 14.000 TON/TAHUN

Dosen Pembimbing:  
Nama: Sheren Inanisa Shafa (19521164)  
Siti Zanyazany (19521166)

Dosen Pembimbing:  
Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T.

## KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Alfiah Rizki Utami  
No. MHS : 18521201
2. Nama Mahasiswa :  
No. MHS :  
Judul Prarancangan \*) :

### “PRARANCANGAN PABRIK NOVOLAK RESIN DARI FENOL DAN FORMALDEHID DENGAN KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN”

Mulai Masa Bimbingan : 3/17/2025

Batas Akhir Bimbingan : 9/13/2025

| No | Tanggal  | Materi Bimbingan                    | Paraf Dosen |
|----|----------|-------------------------------------|-------------|
| 1. | 06/01/25 | Diskusi Pertama Judul TA            | ti          |
| 2. | 13/01/25 | Diskusi data impor-ekspor           | ti          |
| 3. | 02/07/25 | Diskusi hasil perhitungan kapasitas | ti          |
| 4. | 09/07/25 | Neraca massa                        | ti          |
| 5. | 11/07/25 | Massa jenis komponen                | ti          |
| 6. | 13/07/25 | Menghitung optimasi Alat            | ti          |
| 7. | 17/07/25 | Perancangan tangki NaOH             | ti          |
| 8. | 21/07/25 | Hasil perhitungan tangki NaOH       | ti          |
|    |          |                                     |             |
|    |          |                                     |             |
|    |          |                                     |             |
|    |          |                                     |             |

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 13 Agustus 2025

Pembimbing,

Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T.

\*) **Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok**

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan PraRancangan
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy