

**PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI *PALM FATTY ACID*  
*DISTILLATE* (PFAD) DENGAN KAPASITAS 130.000 TON/TAHUN  
TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Teknik Kimia  
Konsentrasi Teknik Kimia**



Oleh :

Nama : Dewi Noviati

Nama : Sarah sabila Nur Azmi

NIM : 17521111

NIM : 17521125

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

**2021**

**LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL  
PRA RANCANGAN PABRIK PABRIK BIODIESEL DARI PALM  
FATTY ACID DISTILLAT (PFAD) DENGAN KAPASITAS 130.000  
TON/TAHUN**

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

**Nama : Dewi Noviati**

**Nama : Sarah Sabila Nur Azmi**

**NIM : 17521111**

**NIM : 17521125**

Yogyakarta

Menyatakan bahwa seluruh hasil Perancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



Dewi Noviati

NIM : 17521111



Sarah Sabila Nur Azmi

NIM : 17521125

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**  
**PRA RANCANGAN PABRIK BODIESEL DARI *PALM FATTY ACID***  
***DISTILLATE* (PFAD) DENGAN KAPASITAS 130.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN PABRIK**



Oleh :

Nama : Dewi Novianti

NIM : 17521111

Nama : Sarah Sabila Nur Azmi

NIM : 17521125

Yogyakarta, 10 Oktober 2021

**Pembimbing 1 Tugas Akhir**

Dr. Arif Hidayat, S.T.,M.T.

NIK : 005220101

**Pembimbing 2 Tugas Akhir**

Venitalitva A. S. Augustia, S.T., M.Eng

NIK : 175210103

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**  
**PRARANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI *PALM FATTY ACID***  
***DISTILLATE* (PFAD) DENGAN KAPASITAS 130.000 TON/TAHUN**  
**PERANCANGAN PABRIK**

Oleh:

**Nama : Dewi Novianti**

**Nama : Sarah Sabila Nur Azmi**

**NIM : 17521111**

**NIM : 17521125**

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu  
Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia  
Konsentrasi Teknik Kimia Program Studi Teknik Kimia Fakultas  
Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia  
Yogyakarta, 14 Oktober 2021

Tim Penguji,

Tim Penguji

Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T.

Ketua



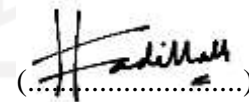
Farham H M Saleh, Dr., Ir., MSIE.

Anggota I



Fadilla Noor Rahma, S.T., M.Sc.

Anggota II



Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Ketua Program Studi.


Dr. Suharno Rusdi

## LEMBAR PERSEMBAHAN

*Bismillahirrahmanirrahim. Alhamdulillah atas segala berkah dan rahmat Allah SWT,  
penulis mempersembahkan skripsi ini kepada:*

Yang tercinta dan tersayangi, kedua orang tua tercinta **Bapak Junaidi** dan **Ibu Sumiati** yang sangat berperan penting terhadap perjalanan hidup saya dari kecil hingga sampai dititik ini, terimakasih atas doa yang tiada henti dan dukungan kepada saya untuk menuntut ilmu yang setinggi-tinggi nya. Yang tersayangi adik saya **Keyra Afifah Azriena** dan Yang terkasih **seluruh keluarga besar** yang telah mendukung dan untuk diri sendiri yang telah kuat berjuang sampai saat ini. Terimakasih atas semuanya yang sudah diberikan kepada saya tidak akan bisa terbalas melalui apapun. Skripsi ini adalah hasil dari semua dukungan yang diberikan kepada saya dan semoga dapat memberikan rasa bangga terhadap kalian dan bisa menjadi acuan untuk saya agar menjadi pribadi yang lebih baik lagi.

Terimakasih untuk dosen pembimbing saya **Pak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T.** dan **Ibu Venitalitya Alethea Sari Augustia, S.T., M.Eng.** terima kasih telah dengan sabar membimbing saya dan partner saya dalam meyelesaikan tugas akhir ini

Terimakasih untuk partner saya **Sarah Sabila Nur Azmi** yang sudah berjuang, sabar, dan meluangkan waktunya untuk menjalankan rangkaian perkuliahan dari kerja praktek, penelitian hingga tugas akhir. Semoga perjuangan kita dapat bermanfaat bagi orang lain. Maaf atas segala kekurangan saya.

**Teman-teman seperjuangan Teknik Kimia UII 2017, almamater tercinta**, yang punya andil besar dalam Pendidikan saya. Terimakasih sudah mengizinkan saya untuk menjadi bagian dari keluarga ini. Semoga kalian dapat meraih apa yang dicita- citakan.

Yogyakarta, 10 Oktober 2021



Dewi Noviati

## LEMBAR PERSEMBAHAN

*Bismillahirrahmanirrahim. Alhamdulillah atas segala berkah dan rahmat Allah SWT,  
penulis mempersembahkan skripsi ini kepada:*

Yang tercinta dan tersayangi, kedua orang tua tercinta **Bapak Samsul** dan **Ibu Ratih** yang sangat berperan penting terhadap perjalanan hidup saya dari kecil hingga sampai dititik ini, terimakasih atas doa yang tiada henti dan dukungan kepada saya untuk menuntut ilmu yang setinggi-tinggi nya. Yang tersayangi kakak saya **Adam Arlieza Razalie** dan Yang terkasahi **seluruh keluarga besar** yang telah mendukung dan untuk diri sendiri yang telah kuat berjuang sampai saat ini. Terimakasih atas semuanya yang sudah diberikan kepada saya tidak akan bisa terbalas melalui apapun. Skripsi ini adalah hasil dari semua dukungan yang diberikan kepada saya dan semoga dapat memberikan rasa bangga terhadap kalian dan bisa menjadi acuan untuk saya agar menjadi pribadi yang lebih baik lagi.

Terimakasih untuk dosen pembimbing saya **Pak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T.** dan **Ibu Venitalitya Alethea Sari Augustia, S.T., M.Eng.** terima kasih telah dengan sabar membimbing saya dan partner saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini

Terimakasih untuk partner saya **Dewi Noviati** yang sudah berjuang, sabar, dan meluangkan waktunya untuk menjalankan rangkaian perkuliahan dari kerja praktek, penelitian hingga tugas akhir. Semoga perjuangan kita dapat bermanfaat bagi orang lain. Maaf atas segala kekurangan saya.

**Teman-teman seperjuangan Teknik Kimia UII 2017, almamater tercinta**, yang punya andil besar dalam Pendidikan saya. Terimakasih sudah mengizinkan saya untuk menjadi bagian dari keluarga ini. Semoga kalian dapat meraih apa yang dicita- citakan.

Yogyakarta, 10 Oktober 2021



Sarah Sabila Nur Azmi



# KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh.*

Alhamdulillah, segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan berkat, rahmat dan karunia dan hidayah-Nya, shalawat serta salam tidak lupa penulis panjatkan kepada junjungan kita nabi besar Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Prarancangan Pabrik Biodiesel Dari Palm Fatty Acid Distillate dengan Kapasitas 130.000 Ton/Tahun”.

Penulisan skripsi pararancangan pabrik ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat wajib untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Kimia pada Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Prarancangan pabrik bertujuan untuk mendidik mahasiswa agar mampu menerapkan teori-teori yang diperoleh dikampus serta menyelesaikan permasalahan yang terjadi dilapangan dan dapat menjembatani antara sisi akademis dengan realita lapangan. Saya menyadari bahwa selama masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, perkenankanlah saya menghaturkan ucapan terimakasih kepada:

1. Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya. Serta telah memberikan nikmat kesehatan, panjang umur, kesabaran dan kemudahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Kedua Orang tua kami, ibu dan ayah tercinta dan segenap keluarga kami tersayang yang telah mendoakan dan memberikan semangat yang tidak pernah padam dalam mencari ilmu.
3. Bapak Dr. Suharno Rusdi, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T .selaku Dosen Pembimbing 1 atas semua dan telah bersedia memberikan dukungan meluangkan waktu, tenaga, dan memberikan arahan selama penelitian dan penyusunan skripsi.
5. Ibu Venitalitya Alethea Sari Augustia,S.T.,M.Eng. selaku Dosen Pembimbing 2 atas semua ilmu dan telah bersedia memberikan dukungan meluangkan waktu, tenaga, dan memberikan arahan penyusunan skripsi.
6. Dosen pengajar Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan begitu banyak bekal ilmu kepada penulis.
7. Teman-teman jurusan Teknik Kimia Angkatan 2017 Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia yang selalu memberikan semangat dan dukungan.

8. Dan pihak-pihak lainnya yang telah terlibat dalam proses penyusunan dan penyelesaian Laporan Tugas Akhir ini.

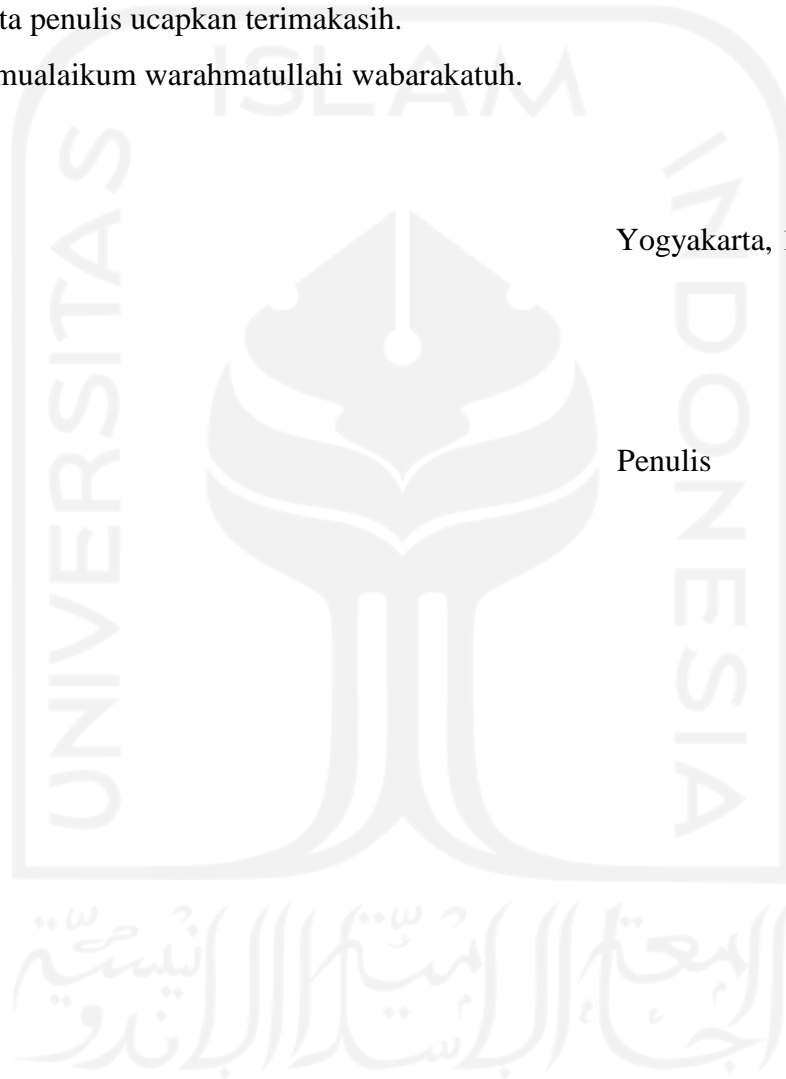
Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini terdapat kesalahan dan kekurangan, maka penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk menyempurnakan Laporan Tugas Akhir ini. Dan semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Akhir kata penulis ucapkan terimakasih.

Wassalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, 10 Oktober 2021

Penulis





## DAFTAR ISI

|                                                                 |      |
|-----------------------------------------------------------------|------|
| LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL .....                          | i    |
| LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING .....                        | ii   |
| LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI .....                                 | iii  |
| LEMBAR PERSEMBAHAN .....                                        | iv   |
| KATA PENGANTAR .....                                            | vi   |
| DAFTAR ISI .....                                                | viii |
| DAFTAR TABEL .....                                              | xi   |
| DAFTAR GAMBAR .....                                             | xv   |
| ABSTRAK .....                                                   | xvi  |
| <i>ABSTRACT</i> .....                                           | xvii |
| BAB I .....                                                     | 1    |
| PENDAHULUAN.....                                                | 1    |
| 1.1.Latar Belakang .....                                        | 1    |
| 1.1.1. Alasan Pendirian Pabrik .....                            | 6    |
| 1.2.Tinjauan Pustaka .....                                      | 7    |
| 1.2.1. Biodiesel .....                                          | 7    |
| 1.2.2. <i>Palm Fatty Acid Distillate</i> .....                  | 13   |
| 1.2.3. Esterifikasi .....                                       | 16   |
| 1.3.Penentuan Kapasitas.....                                    | 18   |
| 1.3.1. Ketersediaan Bahan Baku .....                            | 18   |
| 1.3.2. Kebutuhan Dari Aspek Pasar .....                         | 19   |
| 1.3.3. Skala Komersial Pabrik Yang Menguntungkan .....          | 24   |
| 1.4.Pemilihan Proses Produksi .....                             | 27   |
| 1.4.1. Esterifikasi.....                                        | 27   |
| 1.4.2. Transesterifikasi .....                                  | 28   |
| 1.4.3. <i>Ultrasonic Irradiation Method</i> .....               | 34   |
| 1.4.4. <i>Supercritical Alcohol Method</i> .....                | 35   |
| 1.4.5. <i>Co-Solvent Method</i> .....                           | 36   |
| 1.4.6. <i>Continous Method Using a Gas-Liquid Reactor</i> ..... | 36   |

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| BAB II.....                                              | 42 |
| PERANCANGAN PRODUK .....                                 | 42 |
| 2.1.Spesifikasi Bahan Baku.....                          | 42 |
| 2.1.1. <i>Palm Fatty Acid Distillate</i> .....           | 42 |
| 2.2.Spesifikasi Bahan Pendukung .....                    | 42 |
| 2.2.1. Methanol.....                                     | 42 |
| 2.2.2. Asam Sulfat .....                                 | 43 |
| 2.2.3. Sodium hidroksida.....                            | 44 |
| 2.3.Spesifikasi Produk.....                              | 44 |
| 2.3.1. Biodiesel.....                                    | 44 |
| 2.4.Pengendalian Kualitas .....                          | 45 |
| 2.4.1. Pengendalian Kualitas Bahan Baku .....            | 45 |
| 2.4.2. Pengendalian Kualitas Produk .....                | 46 |
| 2.4.3. Pengendalian Proses .....                         | 46 |
| 2.4.4. Pengendalian Kuantitas .....                      | 49 |
| 2.4.5. Pengendalian Waktu.....                           | 49 |
| BAB III.....                                             | 50 |
| PERANCANGAN PROSES .....                                 | 50 |
| 3.1.Uraian Proses.....                                   | 50 |
| 3.2.Pemilihan Masing-masing Parameter.....               | 50 |
| 3.3.Tahapan Proses.....                                  | 51 |
| 3.4.Tahapan Reaksi .....                                 | 51 |
| 3.5.Spesifikasi Alat .....                               | 53 |
| BAB IV .....                                             | 78 |
| PERANCANGAN PABRIK .....                                 | 78 |
| 4.1 Lokasi Pabrik.....                                   | 78 |
| 4.2 Tata Letak Pabrik .....                              | 80 |
| 4.3 Tata Letak Mesin atau Alat ( <i>Machines</i> ) ..... | 86 |
| 4.4 Tata Letak Alat Proses .....                         | 88 |
| 4.5 Alir Proses dan Material .....                       | 91 |

|                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.5.1 Neraca Massa .....                                                        | 91  |
| 4.5.2 Neraca Panas .....                                                        | 95  |
| 4.6 Pelayanan Teknik (Utilitas).....                                            | 98  |
| 4.6.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air ( <i>Water Treatment System</i> )..... | 98  |
| 4.7 Organisasi Perusahaan.....                                                  | 119 |
| 4.7.1 Bentuk Perusahaan .....                                                   | 119 |
| 4.7.2 Struktur Organisasi.....                                                  | 120 |
| 4.7.3 Status Karyawan.....                                                      | 128 |
| 4.7.4 Pembagian Jam Kerja Karyawan .....                                        | 128 |
| 4.7.5 Status, Sistem Penggajian, dan Penggolongan Karyawan .....                | 131 |
| 4.7.6 Kesejahteraan Sosial Karyawan .....                                       | 135 |
| 4.8 Evaluasi Ekonomi .....                                                      | 137 |
| 4.8.1 Harga Alat .....                                                          | 138 |
| 4.8.2 Analisa Kelayakan.....                                                    | 144 |
| 4.8.3 Analisis keuntungan .....                                                 | 155 |
| BAB V.....                                                                      | 157 |
| 5.1. Kesimpulan.....                                                            | 157 |
| 5.2. Saran .....                                                                | 158 |
| DAFTAR PUSTAKA .....                                                            | 159 |
| LAMPIRAN A .....                                                                | 162 |
| LAMPIRAN B .....                                                                | 188 |

## DAFTAR TABEL

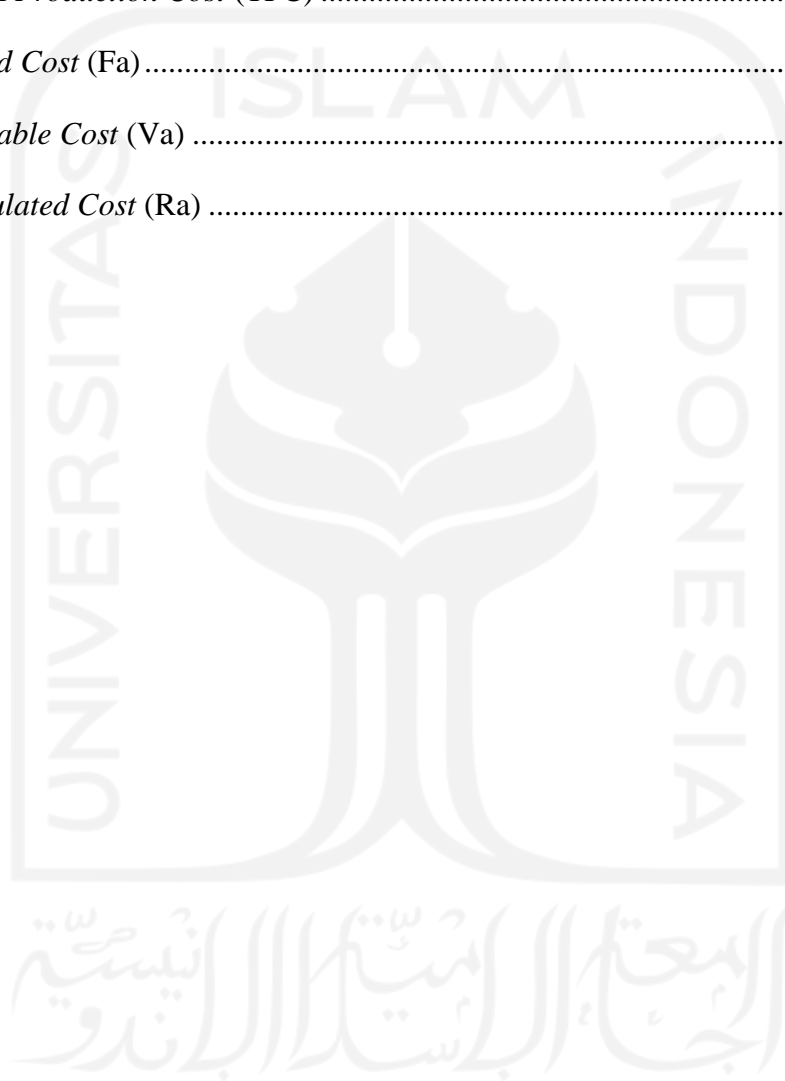
|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabel 1.1</b> Standart Mutu Biodiesel .....                               | 9  |
| <b>Tabel 1.2</b> Perbandingan Karakteristik Antara Biodiesel Dan Solar. .... | 11 |
| <b>Tabel 1.3</b> Komposisi <i>Palm Fatty Acid Distillate</i> .....           | 15 |
| <b>Tabel 1.4</b> Data Produksi CPO dan PFAD.....                             | 19 |
| <b>Tabel 1.5</b> Produksi Biodiesel Indonesia .....                          | 20 |
| <b>Tabel 1.6</b> Ekspor Biodiesel Indonesia .....                            | 21 |
| <b>Tabel 1.7</b> Konsumsi Biodiesel Indonesia .....                          | 22 |
| <b>Tabel 1.8</b> Daftar Perusahaan Biodiesel Di Indonesia.....               | 25 |
| <b>Tabel 1.9</b> Daftar perusahaan biodiesel diluar negeri.....              | 26 |
| <b>Tabel 1.10</b> Perbandingan Proses Seleksi Produksi Biodiesel.....        | 37 |
| <b>Tabel 2.1</b> <i>Palm Fatty Acid Distillate</i> .....                     | 42 |
| <b>Tabel 2.2</b> Methanol.....                                               | 42 |
| <b>Tabel 2.3</b> Asam Sulfat .....                                           | 43 |
| <b>Tabel 2.4</b> <i>Sodium Hydroxide</i> (NaOH ) .....                       | 44 |
| <b>Tabel 2.5</b> Air.....                                                    | 44 |
| <b>Tabel 2.6</b> Biodiesel.....                                              | 44 |
| <b>Tabel 3.1</b> Reaktor-01 dan Reaktor-02 .....                             | 53 |
| <b>Tabel 3.2</b> Reaktor-03 da Reaktor-04 .....                              | 55 |
| <b>Tabel 3.3</b> <i>Mixer</i> .....                                          | 56 |
| <b>Tabel 3.4</b> <i>Netralizer</i> .....                                     | 57 |
| <b>Tabel 3.5</b> <i>Washing Tank</i> .....                                   | 59 |
| <b>Tabel 3.6</b> <i>Separator</i> .....                                      | 60 |
| <b>Tabel 3.7</b> <i>Evaporator</i> .....                                     | 61 |
| <b>Tabel 3.8</b> Tangki-01 dan Tangki-02 .....                               | 62 |

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabel 3.9</b> Tangki-03 dan Tangki-04 .....                | 63 |
| <b>Tabel 3.10</b> Tangki Methanol .....                       | 64 |
| <b>Tabel 3.11</b> <i>Silo Natrium Hidroksida</i> .....        | 65 |
| <b>Tabel 3.12</b> <i>Screw Conveyor</i> .....                 | 65 |
| <b>Tabel 3.13</b> <i>Condensor</i> .....                      | 66 |
| <b>Tabel 3.14</b> Pompa 01 dan 02 .....                       | 67 |
| <b>Tabel 3.15</b> Pompa 03 dan 04 .....                       | 68 |
| <b>Tabel 3.16</b> Pompa-5 dan Pompa-06 .....                  | 68 |
| <b>Tabel 3.17</b> Pompa-07 dan Pompa-08 .....                 | 69 |
| <b>Tabel 3.18</b> Pompa-09 dan Pompa-10 .....                 | 70 |
| <b>Tabel 3.19</b> Pompa-11 dan Pompa-12 .....                 | 71 |
| <b>Tabel 3.20</b> Pompa-13 dan Pompa-14 .....                 | 72 |
| <b>Tabel 3.21</b> <i>Heater-01</i> dan <i>Heater-02</i> ..... | 73 |
| <b>Tabel 3.22</b> <i>Heater-03</i> .....                      | 75 |
| <b>Tabel 3.23</b> <i>Cooler-01</i> dan <i>Cooler-02</i> ..... | 76 |
| <b>Tabel 4.1</b> Rincian Luas Tanah Bangunan Pabrik .....     | 83 |
| <b>Tabel 4.2</b> Neraca Massa di Reaktor-01 .....             | 91 |
| <b>Tabel 4.3</b> Neraca Massa di Reaktor-02 .....             | 91 |
| <b>Tabel 4.4</b> Neraca Massa di Reaktor-03 .....             | 92 |
| <b>Tabel 4.5</b> Neraca Massa di Reaktor-04 .....             | 92 |
| <b>Tabel 4.6</b> Neraca Massa di <i>Mixer-01</i> .....        | 92 |
| <b>Tabel 4.7</b> Neraca Massa di Netralizer-01 .....          | 93 |
| <b>Tabel 4.8</b> Neraca Massa di <i>Washing Tank-01</i> ..... | 93 |
| <b>Tabel 4.9</b> Neraca Massa di Separator-01 .....           | 94 |
| <b>Tabel 4.10</b> Neraca Massa di Evaporator-01 .....         | 94 |
| <b>Tabel 4.11</b> Neraca Panas di Reaktor-01 .....            | 95 |

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabel 4.12</b> Neraca Panas di Reaktor-02 .....                     | 95  |
| <b>Tabel 4.13</b> Neraca Panas di Reaktor-03 .....                     | 95  |
| <b>Tabel 4.14</b> Neraca Panas di Reaktor-04 .....                     | 96  |
| <b>Tabel 4.15</b> Neraca Panas di <i>Mixer-01</i> .....                | 96  |
| <b>Tabel 4.16</b> Neraca Panas di Netralizer-01 .....                  | 96  |
| <b>Tabel 4.17</b> Neraca Panas di <i>Washing Tank-01</i> .....         | 97  |
| <b>Tabel 4.18</b> Neraca Panas di Separator-01 .....                   | 97  |
| <b>Tabel 4.19</b> Neraca Panas di Evaporator-01 .....                  | 97  |
| <b>Tabel 4.20</b> Kebutuhan Air Pembangkit <i>Steam</i> /Pemanas ..... | 110 |
| <b>Tabel 4.21</b> Kebutuhan Air Proses Pendingin.....                  | 111 |
| <b>Tabel 4.22</b> Kebutuhan Air Proses ( <i>Demin Water</i> ).....     | 113 |
| <b>Tabel 4.23</b> Total Kebutuhan Air.....                             | 114 |
| <b>Tabel 4.24</b> Kebutuhan Listrik Proses .....                       | 115 |
| <b>Tabel 4.25</b> Kebutuhan Listrik Utilitas .....                     | 116 |
| <b>Tabel 4.26</b> Rincian Kebutuhan Listrik .....                      | 118 |
| <b>Tabel 4.27</b> Jadwal Kegiatan Karyawan Shift .....                 | 130 |
| <b>Tabel 4.28</b> Jumlah Karyawan Pabrik.....                          | 131 |
| <b>Tabel 4.29</b> Penggolongan Jabatan .....                           | 133 |
| <b>Tabel 4.30</b> Rincian Gaji Sesuai Jabatan .....                    | 134 |
| <b>Tabel 4.31</b> Indeks Harga Alat.....                               | 138 |
| <b>Tabel 4.32</b> Harga Alat Proses .....                              | 140 |
| <b>Tabel 4.33</b> Harga Alat Utilitas.....                             | 142 |
| <b>Tabel 4.34</b> <i>Physical Plant Cost</i> (PPC).....                | 149 |
| <b>Tabel 4.35</b> <i>Direct Plant Cost</i> (DPC) .....                 | 149 |
| <b>Tabel 4.36</b> <i>Fixed Capital Investment</i> (FCI).....           | 150 |
| <b>Tabel 4.37</b> <i>Direct Manufacturing Cost</i> (DMC).....          | 150 |



|                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabel 4.38</b> <i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i> ..... | 150 |
| <b>Tabel 4.39</b> <i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i> .....    | 151 |
| <b>Tabel 4.40</b> <i>Manufacturing Cost (MC)</i> .....           | 151 |
| <b>Tabel 4.41</b> <i>Working Capital (WC)</i> .....              | 151 |
| <b>Tabel 4.42</b> <i>General Expense (GE)</i> .....              | 152 |
| <b>Tabel 4.43</b> <i>Total Production Cost (TPC)</i> .....       | 152 |
| <b>Tabel 4.44</b> <i>Fixed Cost (Fa)</i> .....                   | 152 |
| <b>Tabel 4.45</b> <i>Variable Cost (Va)</i> .....                | 153 |
| <b>Tabel 4.46</b> <i>Regulated Cost (Ra)</i> .....               | 153 |



## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Gambar 1.1</b> Realisasi Implementasi Program Mandotari Biodiesel Sampai Bulan Oktober 2019..... | 7   |
| <b>Gambar 1.2</b> <i>Palm Fatty Acid Distillate</i> .....                                           | 13  |
| <b>Gambar 1.3</b> Reaksi Esterifikasi .....                                                         | 17  |
| <b>Gambar 1.4</b> Luas Perkebunan Besar Menurut Jenisnya 2021 .....                                 | 20  |
| <b>Gambar 1.5</b> Data Produksi Biodiesel Indonesia .....                                           | 21  |
| <b>Gambar 1.6</b> Data Ekspor Biodiesel Indonesia.....                                              | 22  |
| <b>Gambar 1.7</b> Data Konsumsi Biodiesel Indonesia .....                                           | 23  |
| <b>Gambar 1.8</b> Reaksi Esterifikasi .....                                                         | 28  |
| <b>Gambar 1.9.</b> Reaksi Transesterifikasi .....                                                   | 28  |
| <b>Gambar 4.1</b> Rencana Lokasi Pendirian Pabrik .....                                             | 80  |
| <b>Gambar 4.2</b> Layout Pabrik Biodiesel.....                                                      | 85  |
| <b>Gambar 4.3</b> Layout Alat Proses.....                                                           | 90  |
| <b>Gambar 4.4</b> Diagram Alir Kualitatif.....                                                      | 101 |
| <b>Gambar 4.5</b> Diagram Alir Kuantitatif.....                                                     | 102 |
| <b>Gambar 4.6</b> Unit Utilitas.....                                                                | 103 |
| <b>Gambar 4.7</b> Struktur Organisasi Pabrik.....                                                   | 123 |
| <b>Gambar 4.8</b> Grafik Indeks Harga.....                                                          | 139 |
| <b>Gambar 4.9</b> Grafik Analisis Kelayakan.....                                                    | 156 |

## ABSTRAK

Biodiesel adalah campuran ester monoalkil rantai Panjang dalam Bahasa inggrisnya disebut *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) merupakan bahan bakar alternatif yang bisa didapatkan dari minyak nabati, lemak dan hewani, dan limbah minyak dengan cara proses reaksi transesterifikasi dengan metanol. Proses pembuatan biodiesel menggunakan reaksi esterifikasi yaitu dengan cara mengkonversi asam lemak menjadi metil ester. Pabrik biodiesel rencana akan dibangun didaerah Sumatra Utara tepatnya didaerah Deli Serdang dengan lokasi pabrik yang banyak dengan perusahaan minyak kelapa sawit. Pabrik ini didirikan dengan kapasitas 130.000 ton/tahun.

Bahan baku yang digunakan adalah *Palm Fatty Acid Distillate* dan metanol dengan bantuan katalis asam sulfat. Proses esterifikasi berlangsung pada tekanan 1 atm dan temperatur 60°C dengan alat yang digunakan yaitu reaktor alir berpengaduk (RATB) dengan konversi reaksi yaitu 97%.

Berdasarkan evaluasi ekonomi dapat disimpulkan bahwa pembangunan pabrik membutuhkan total modal produksi sebesar Rp. 1.142.337.101.962. *Percent Return On Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 38% dan sesudah pajak sebesar 29%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak 2 tahun dan setelah pajak 3 tahun. *Break Even Point* (BEP) yaitu 41,18% dan *Shut Down Point* (SDP) yaitu 21,18%. *Dishcounted Cash Flow Rate* (DCFR) yaitu 21,39% nilai DCFR harus lebih dari 1,5 kali bunga bank sekarang (5,25%). Dari data analisis ekonomi disimpulkan bahwa pabrik biodiesel dari minyak nyamplung layak untuk di dirikan.

Kata kunci: biodiesel, esterifikasi, *Palm Fatty Acid Distillate*, Deli Serdang

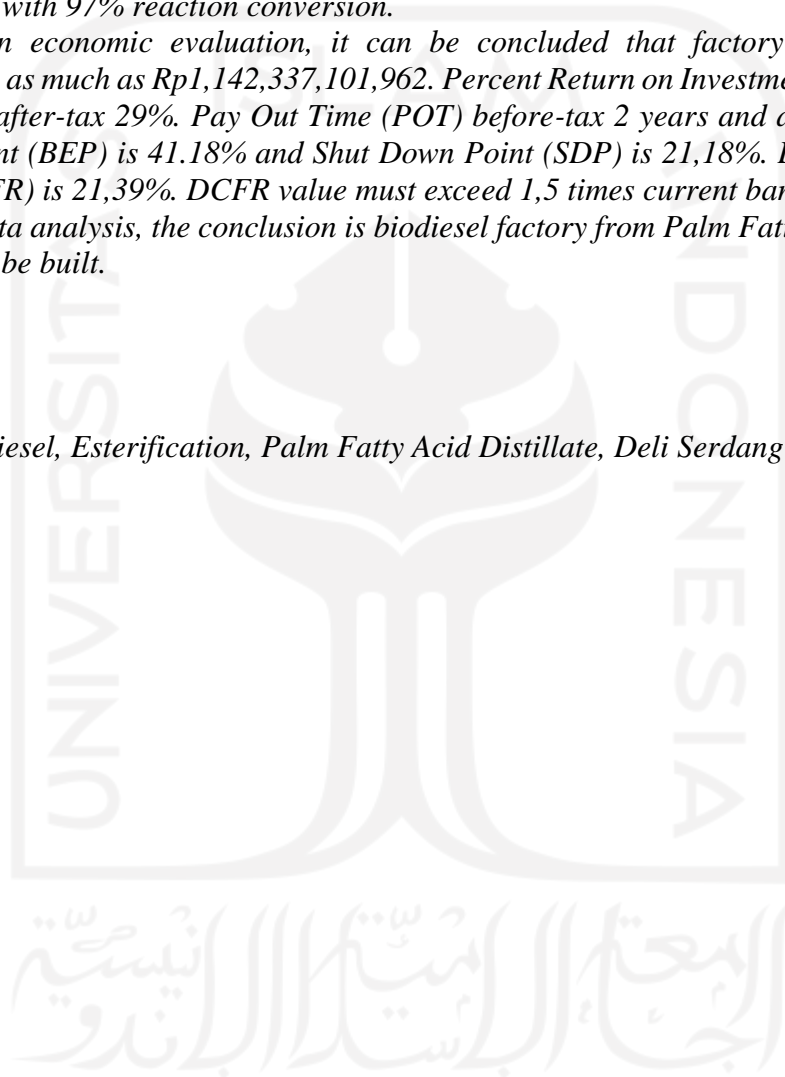
## ABSTRACT

*Biodiesel is a long chain monoalkyl-ester known as Fatty Acid Methyl Ester (FAME). It is an alternative fuel gained from vegetable oil, animal fat, and oil residues from transesterification reaction processed with methanol. Biodiesel is made using esterification reaction, a method that converts fatty acid into methyl-ester. This biodiesel factory is planned to be built in North Sumatra, in the region of Deli Serdang which has many palm-oil factory. This factory is designed with 130.000 tons/year.*

*The ingredient is Palm Fatty Acid Distillate and methanol with sulfuric acid supports. Esterification process occurred in 1 atm and 60 °C with a tool named Continuous Stirred-Tank Reactor (CSTR) with 97% reaction conversion.*

*Based on economic evaluation, it can be concluded that factory building needs production costs as much as Rp1,142,337,101,962. Percent Return on Investment (ROI) before-tax is 38% and after-tax 29%. Pay Out Time (POT) before-tax 2 years and after-tax 3 years. Break-Even Point (BEP) is 41.18% and Shut Down Point (SDP) is 21,18%. Discounted Cash Flow Rate (DCFR) is 21,39%. DCFR value must exceed 1,5 times current bank interest. From the economic data analysis, the conclusion is biodiesel factory from Palm Fatty Acid Distillate is reasonable to be built.*

*Keywords: Biodiesel, Esterification, Palm Fatty Acid Distillate, Deli Serdang*



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 LATAR BELAKANG**

Krisis energi sejak tahun 1970-an membuat cadangan minyak bumi saat ini semakin lama semakin menipis dan diperkirakan suatu saat nanti bisa habis karena meningkatnya pertumbuhan penduduk dan tingginya konsumsi masyarakat terhadap penggunaan energi dunia. Di situasi seperti ini ancaman terhadap krisisnya minyak bumi semakin terasa sangat nyata. Ditambah lagi dengan isu lingkungan, menjadi tantangan bagi para peneliti dalam melakukan *research* untuk mencari sumber daya energi alternatif yang dapat diperbaharui dan tentunya berdampak baik untuk lingkungan. Minyak bumi ialah sumber bahan bakar yang tidak bisa diperbaharui, memerlukan waktu ratus juta tahun untuk menghasilkan memproses bahan baku minyak bumi yaitu fosil, hingga menjadi minyak bumi yang bisa digunakan.

Pada tahun 2005 Lembaga Ilmu Nuklir Nasional (LIPI) dari Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) membuat terobosan baru dengan melakukan penelitian tentang usaha membuat sumber daya energi alternatif untuk menggantikan bakar minyak bumi. Sumber daya energi alternatif terbuat dari sumber minyak nabati dan hewani yaitu biodiesel, bioetanol, biogas, biosolar dan biopertamax. Biodiesel adalah salah satu sumber daya energi alternatif yang berpotensi dikembangkan untuk dapat menjadi bahan pengganti bahan bakar minyak bumi. Pada tahun 2007, bank dunia bahkan memberikan dukungan untuk mengembangkan bahan bakar alternatif dengan memberikan pinjaman 67%, yaitu sebesar 1,43 M US dollar untuk memanfaatkan energi yang dapat diperbaharui.

Jika menggunakan minyak bumi terus menerus tanpa menggantinya dengan bahan bakar alternatif dapat menyebabkan persediaan minyak bumi semakin lama semakin sedikit. Penggunaan yang tidak terkontrol ini akan menyebabkan harga minyak bumi dunia menjadi tidak stabil dan harga yang mengalami peningkatan. Kestidakstabilan dan kelangkaan pasokan BBM

didaerah-daerah terpencil menjadi salah satu acuan bagi beberapa negara untuk mengembangkan potensi sumber energi alternatif yang terbarukan.

Untuk memenuhi kebutuhan energi dalam negeri perlu diarahkan sedemikian rupa untuk menuju diversifikasi sumber energi dengan cara meningkatkan penggunaan energi non-minyak, mengingat bahwa andalan sumber pendapatan devisa negara berdasarkan Kebijakan Umum Bidang energi adalah ekspor minyak mentah. Maka dari itu perlu adanya upaya mengembangkan bahan bakar cair alternatif yang dapat menjadi salah satu untuk memenuhi kebutuhan akan bahan bakar minyak (BBM), di Indonesia. Salah satu bahan bakar alternatif yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan, yaitu jenis bahan bakar cair adalah bahan bakar minyak dari sumber daya hayati. (Yelmida dkk., 2012)

Dari banyaknya produk olahan minyak bumi, bahan bakar diesel merupakan salah satu bahan yang paling sering dikonsumsi oleh masyarakat, karena bahan bakar diesel digunakan untuk alat transportasi, sebagai penggerak peralatan berat pada generator pembangkit listrik, bahkan alat pertanian menggunakan bahan bakar diesel.

Sejak tahun 1980-an para peneliti mulai intensif melakukan pengembangan untuk memproduksi biodiesel, akan tetapi perkembangan dalam penggunaan dalam sektor komersial tidak cepat sesuai dengan perkembangan teknologinya. Hal ini disebabkan karena faktor biaya pembuatan biodiesel lebih banyak jika dibanding dengan bahan bakar petrodiesel. Bahan baku dan proses pembuatan biodiesel yang mahal pada saat itu menjadi faktor penyebab biaya produksi biodieselnnya menjadi lebih tinggi. Negara-negara Eropa merupakan pengguna komersial biodiesel terbesar di dunia saat ini, mulai mengalami kesulitan dalam hal suplai bahan baku seperti minyak untuk proses produksi biodiesel.

Indonesia adalah negara beriklim tropis dimana sumber daya alam yang dimiliki sangat melimpah, sehingga mempunyai potensi untuk memproduksi biodiesel ini. Ditambah lagi bahwa Indonesia adalah termasuk kedalam negara menghasilkan minyak sawit yang terbesar di dunia. Selain kelapa sawit, di



Indonesia mempunyai sumber minyak nabati seperti kelapa, biji kapuk, kacang tanah, jarak pagar, kelor, nyamplung, kemiri, dan karet yang dapat digunakan untuk pembuatan biodiesel. Minyak nabati adalah bahan baku yang berpotensi tinggi untuk menjadi sumber energi menggantikan minyak diesel, karena minyak nabati merupakan bahan baku yang dapat diperbaharui, ramah lingkungan dan mudah untuk didapatkan.

Dengan demikian pada tahun 2005 pemerintah mengeluarkan Dasar Hukum Pengembangan Bahan Bakar Nabati (BBN) dan diantaranya mengeluarkan peraturan tentang Standar Biodiesel Indonesia dengan nomor SNI 04-7182-2006 melalui Surat Keputusan Ka. BSN No.73/KEP/BSN/2/2006 dan peraturan tentang spesifikasi bahan bakar yang diperbolehkan mengandung biodiesel (FAME: Fatty Acid Methyl Ester) sudah dikeluarkan Ditjen Migas (Kep. Ditjen Migas No. 3675 K/24/DJM/2005).

Saat ini pemerintah terus meningkatkan pemanfaatan Energi Baru dan Terbarukan (EBT) agar dapat berjalan dengan optimal untuk mencapai target bauran sebesar 23% pada tahun 2025. Indonesia menjadi negara pertama yang menerapkan bahan bakar B30, adalah campuran biodiesel berbasis kelapa sawit sebanyak 30% dalam minyak solar. Program B30 ini telah diimplementasikan secara bersamaan di seluruh negeri mulai pada tanggal 1 Januari 2020. dengan adanya program B30 ini dapat menghemat devisa hingga Rp63 triliun. Akan tetapi konsumsi B30 pada tahun 2020 sempat mengalami penurunan sebesar 12% hal ini tidak sesuai dengan alokasi yang ditetapkan sebesar USD9,55 juta KL menjadi USD8,4 juta kilo liter (KL).. Pada tahun ini diperkirakan konsumsi bahan bakar minyak (BBM) nasional mencapai 75,27 juta kilo liter (kl). Berdasarkan data Kementerian ESDM, konsumsi biodiesel atau *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) sebesar 8,45 juta kl pada tahun 2020. (kementerian energi dan sumber daya energi, 2021)

Sebenarnya pada tahun 2008 sudah ada program mandatori biodiesel akan tetapi dengan kadar campuran biodiesel sebesar 2,5%. Kemudian secara bertahap kadar biodiesel meningkat menjadi 7,5% pada tahun 2010. Pada tahun 2011 hingga 2015 persentase biodiesel ditingkatkan dari 10% menjadi 15%.

Selanjutnya pada tanggal 1 Januari 2016, B20 mulai diimplementasikan untuk seluruh sektor terkait.

Program Biodiesel 20% (B20) berjalan dengan baik karena dengan adanya dukungan kapasitas produksi yang cukup, uji kinerja, pemantauan secara berkala atas kualitas dan kuantitas oleh tim independen, serta penyusunan Standar Nasional Indonesia (SNI). Uji Jalan (Road Test) untuk kendaraan dengan kapasitas <3,5 ton dan >3,5 ton dilaksanakan selama bulan Mei - November 2019 dengan melibatkan Kementerian ESDM, BPD PKS, BPPT, PT Pertamina (Persero), APROBI, GAIKINDO, dan IKABI. (DEP/RAF). ( direktorat jendral energi baru terbarukan dan konservasi energi, 2019).

Bahan bakar biodiesel mempunyai kekurangan, yaitu harganya yang lebih mahal jika dibandingkan dengan bahan bakar lain, seperti petroleum. Penyebab utama mahalnya harga biodiesel disebabkan karena harga bahan bakunya yang mahal. Pembuatan biodiesel biasanya menggunakan bahan baku minyak yang diperoleh dari bahan makanan bernilai kurang ekonomis untuk dijadikan bahan baku produksi sumber energi biomassa. Hal tersebut disebabkan harganya jauh lebih mahal jika dijual dalam bentuk bahan bakar dibandingkan dalam bentuk makanan, karena dapat dikhawatirkan akan mengganggu kebutuhan bahan makanan. Maka dari itu perlu melakukan mengganti bahan baku alternatif yang tidak bersaing dengan bahan pangan agar menghasilkan biodiesel yang lebih murah.

Cara untuk mengurangi biaya biodiesel adalah dengan menggunakan bahan baku yang lebih murah yang mengandung FFA tinggi, minyak daur ulang atau limbah dan hasil dari penyulingan minyak nabati. Dengan bahan baku yang memiliki FFA tinggi, produksi biodiesel dapat dihasilkan melalui dua proses. Langkah pertama adalah mengurangi kandungan FFA minyak dengan reaksi esterifikasi. Langkah kedua adalah transesterifikasi, yang mengubah bagian trigliserida dari minyak menjadi mono alkil ester dan gliserol. Esterifikasi adalah reaksi kimia dengan menggunakan katalis asam yang melibatkan FFA dan alkohol untuk menghasilkan asam lemak alkil ester dan air (H<sub>2</sub>O).

Metanol adalah alkohol yang paling umum digunakan karena biaya rendah dan reaktivitas yang tinggi dibandingkan dengan alkohol rantai Panjang lainnya. Produksi biodiesel dengan menggunakan katalis enzim dapat menghasilkan ester yang memuaskan . Namun, proses produksinya mahal dan membutuhkan waktu reaksi yang lebih lama dan konsentrasi katalis yang lebih tinggi. Misalnya, produksi enzimatis. biodiesel dari minyak biji kapas diamati hasil 97% setelah 24 jam pada 50 C dengan campuran reaksi yang mengandung 32,5% t-butanol, 13,5% meth anol, 54% minyak dan 0,017 g enzim/gram minyak menggunakan *one step fixed bed* reaktor kontinyu [Royon *et al*, 2006 ]. Katalis asam yang biasa digunakan adalah asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) karena harganya yang murah.

Indonesia adalah negara terbesar di dunia dalam menghasilkan minyak nabati, sehingga Indonesia memiliki peluang yang sangat besar untuk dapat mengembangkan biodiesel. Salah satu bahan baku yang dapat digunakan untuk produksi biodiesel adalah PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*). PFAD adalah hasil produk samping dari proses pemurnian minyak goreng yang banyak mengandung Asam Lemak Bebas.

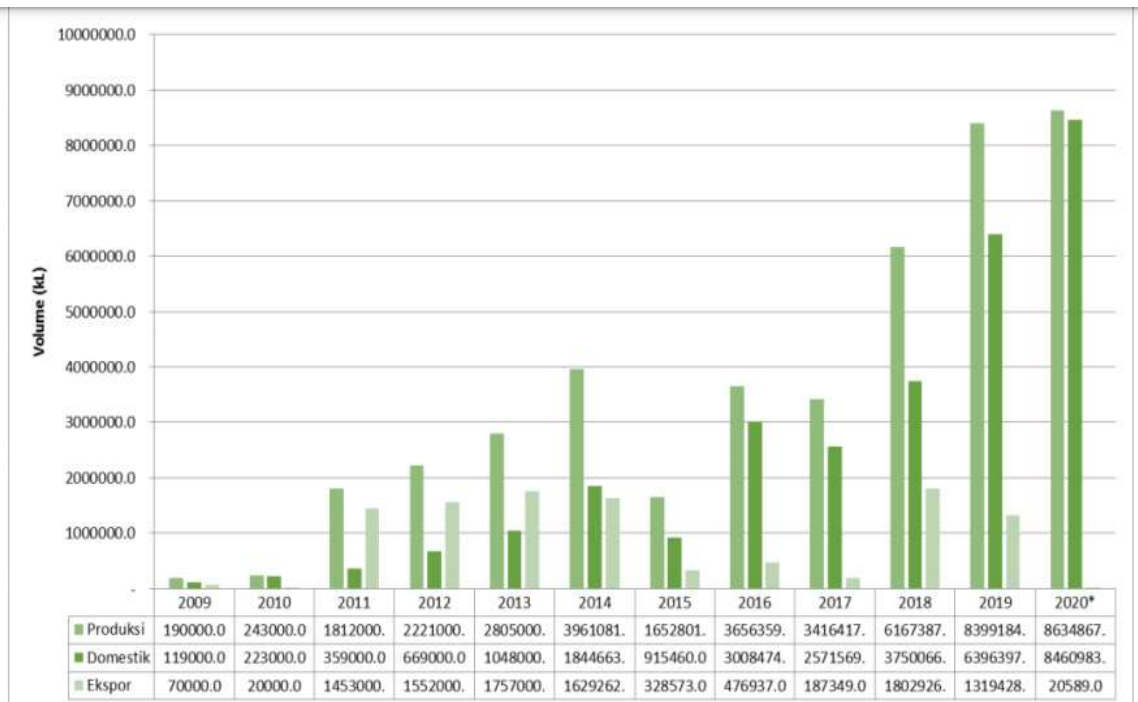
*Palm Fatty Acid Distillate* mudah didapatkan karena produk samping dari pembuatan minyak kelapa sawit. Bukan hanya itu, harga PFAD yang murah dan juga dapat diperbaharui ini menjadi pertimbangan kami memilih bahan baku tersebut. PFAD tidak mengandung racun karena dalam proses ekstraksi minyak sawit tidak memakai bahan kimia sama sekali. Bukan hanya itu mengingat bahwa salah satu komoditas perkebunan yang mempunyai peranan penting dalam perekonomian Indonesia adalah kelapa sawit. Kelapa sawit merupakan tanaman perkebunan penting penghasil minyak makanan, minyak industri maupun bahan bakar nabati (biodiesel). (Direktorat Jendral Perkebunan, 2020)

### **1.1.1 Alasan Pendirian Pabrik**

Konsumsi biodiesel di Indonesia beberapa tahun terakhir ini mengalami peningkatan, ditambah dengan sumber daya alam negara kita yang sangat berlimpah menjadi salah satu faktor utama kami mendirikan pabrik tersebut. Dengan menggunakan bahan baku PFAD dapat menurunkan harga produksi biodiesel yang dulu diketahui mahal karna harga bahan baku yang mahal. Maka diperlukan bahan baku berupa limbah energi ataupun limbah dari proses produksi lainnya. Limbah tersebut di manfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel dengan harga yang murah.

Saat ini pemerintah sedang menjalankan program mandatori biodiesel yang sudah berlangsung sejak 2008, dan program tersebut akan terus dikembangkan menjadi lebih baik untuk memenuhi kebutuhan energi di Indonesia. Maka dari itu akan memerlukan bahan biodiesel yang mencukupi untuk menjalankan program tersebut.

Masyarakat sekarang mulai sadar akan pentingnya menjaga ketersediaan bahan bakar alam dan juga menjaga alam dari kerusakan akibat menggunakan bahan bakar solar terus-menerus. Saatnya masyarakat Indonesia mulai terbiasa menggunakan bahan bakar yang terbarukan, salah satunya yaitu biodiesel. Oleh karena itu, pendirian pabrik biodiesel di Indonesia memiliki potensi yang amat besar untuk dikembangkan. Realisasi implementasi program mandatori biodiesel sampai bulan Oktober 2019 adalah sebagai berikut :



**Gambar 1.1.** Realisasi Implementasi Program Mandatori Biodiesel  
Sampai Bulan Oktober 2019

## 1.2. Tinjauan Pustaka

### 1.2.1. Biodiesel

Pada saat ini hampir 80% penggunaan sumber daya energi dunia didominasi oleh bahan bakar minyak bumi, sedangkan jika masyarakat terus menerus menggunakan minyak bumi akan mengakibatkan pemanasan global karena emisi yang tinggi dan menipisnya sumber daya minyak bumi. Maka dari itu sekarang banyak peneliti yang melakukan *research* untuk mengembangkan bahan bakar alternatif yang bisa diperbaharui. Salah satunya yaitu bahan bakar biodiesel. Biodiesel adalah campuran ester monoalkil rantai Panjang dalam Bahasa Inggrisnya disebut *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) merupakan bahan bakar alternatif yang bisa didapatkan dari minyak nabati, lemak dan hewani, dan limbah minyak

dengan cara proses reaksi transesterifikasi dengan methanol (Helwani et al., 2009).

Biodiesel diproduksi dengan cara mereaksikan minyak nabati dengan alkohol yaitu methanol dengan bantuan katalis basa/asam pada temperatur dan komposisi rasio yang ditentukan, kemudian pada proses tersebut menghasilkan zat yang disebut dengan alkil ester dan gliserol. Proses reaksi ini dikenal dengan istilah proses “transesterifikasi”. Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif mempunyai kelebihan dibandingkan dengan bahan bakar petrokimia, karena biodiesel baik untuk lingkungan karena jumlah emisi yang dihasilkan lebih. Bahan bakar dari biodiesel juga tidak beracun, tidak ada mengandung belerang, dan penggunaannya yang muda serta berbau harum (Haryanto, 2002).

Pembuatan biodiesel biasanya dari minyak nabati, seperti minyak kelapa, minyak sawit, minyak kedelai dan minyak dari tanaman biji-bijian lainnya. Sifat fisis biodiesel dan solar memiliki kesamaan sehingga biodiesel dapat diperuntukan untuk menjadi bahan bakar alternatif pengganti solar. Pembuatan bahan bakar alternatif sudah gencar dilakukan di beberapa negara termasuk Indonesia. Indonesia menjadi negara yang dapat memproduksi 2,21 juta kilo liter (KL) di tahun 2012 yang dihasilkan dari *crude palm oil* (CPO) (Harianto, 2013). Berbeda dengan di USA yang menargetkan dapat memproduksi biodiesel sebanyak 3,3 juta ton pada tahun 2016 (Talebian-Kiakalaeih et al., 2013).

Standar mutu biodiesel telah ditetapkan nilainya setiap masing-masing negara, yaitu untuk Amerika dengan ASTM, Jerman dengan DIN, Perancis dengan *Journal Officiel* dan Indonesia dengan SNI. Standar mutu Biodiesel di Indonesia telah dikeluarkan dalam bentuk SNI No.04-7182-2006, melalui keputusan Kepala Badan Standardisasi Nasional (BSN) Nomor 73/KEP/BSN/2/2006 tanggal 15 Maret 2006. Standar mutu biodiesel tersebut adalah sebagai berikut :



**Tabel 1.1. Standart Mutu Biodiesel**

| No | Parameter                                                                                                              | Satuan                   | Nilai                     | Metode Uji                      |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| 1  | Massa Jenis Pada 40°C                                                                                                  | Kg/M <sup>3</sup>        | 850-890                   | ASTM D 1298                     |
| 2  | Viskositas Kinematik Pada 40°C                                                                                         | Mm <sup>2</sup> /S (Cst) | 2,3-6,0                   | ASTM D 445                      |
| 3  | Angka Setana                                                                                                           |                          | Min, 51                   | ASTM D 613                      |
| 4. | Titik Nyala (Mangkok Tertutup)                                                                                         | °C                       | Min 100                   | ASTM D 93                       |
| 5  | Titik Kabut                                                                                                            | °C                       | Maks. 18                  | ASTM D 2500                     |
| 6  | Korosi Lempeng Tembaga (3 Jam Pada Suhu 50 °C)                                                                         |                          | Makk No.3                 | ASTM D 130                      |
| 7  | Residu Karbon <ul style="list-style-type: none"><li>- Dalam Contoh Asli</li><li>- Dalam 10 % Ampas Distilasi</li></ul> | %- Massa<br>6            | Maks. 0,05<br>(Maks. 0,3) | ASTM D 4530                     |
| 8  | Air Dan Sedimen                                                                                                        | %-Vol                    | Maks. 0,05                | ASTM D 2709<br>Atau ASTM D 1796 |
| 9  | Temperature Distilasi 90%                                                                                              | °C                       | Maks. 360                 | ASTM D 1160                     |
| 10 | Abu Tersulfatkan                                                                                                       | %-Massa                  | Maks. 0,02                | ASTM D 874                      |
| 11 | Belerang                                                                                                               | Ppm-M<br>(Mg/Kg)         | Maks. 10                  | ASTM D 5453<br>Atau ASTM D 1266 |
| 12 | Fosfor                                                                                                                 | Ppm-M<br>(Mg/Kg)         | Maks. 10                  | AOCS Ca 14-55                   |

|    |                   |               |            |                                      |
|----|-------------------|---------------|------------|--------------------------------------|
| 13 | Angka Asam        | Mg-<br>KOH/KG | Maks. 0,8  | AOCS Cd 3d-63<br>Atau ASTM D<br>664  |
| 14 | Gliserol Bebas    | %-Massa       | Maks. 0,02 | AOCS Ca 14-56<br>Atau ASTM D<br>6584 |
| 15 | Gliserol Total    | %-Massa       | Maks. 0,24 | AOCS Ca 14-56<br>Atau ASTM D<br>6484 |
| 16 | Kadar Ester Alkil | %-Massa       | Min. 96,5  | Dihitung *                           |
| 17 | Angka Iodium      | %-Massa       | Maks. 115  | AOCS Cd 1-25                         |
| 18 | Uji Halphen       |               | Negatif    | AOCS CB 1-25                         |

**Sumber :** Badan Standardisasi Nasional (BSN)

Biodiesel mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan bahan bakar minyak bumi yaitu dapat diperbaharui, dapat digunakan pada mesin diesel tanpa modifikasi. Biodiesel mudah diperbaharui karena sumber bahan baku untuk produksinya dari bahan pertanian, memiliki bilangan oktan yang tinggi, biodiesel lebih ramah lingkungan karena mudah diuraikan oleh alam, emisi yang lebih rendah, tidak mengandung racun, dan bebas sulfur. Aman dalam penyimpanan dan transportasi karena tidak mengandung racun. Biodiesel tidak mudah terbakar karena memiliki titik bakar yang relatif tinggi. Untuk mengurangi krisis bahan bakar minyak bumi yang semakin hari semakin menipis dan untuk upaya menjaga kerusakan lingkungan maka dari itu harus mengganti penggunaan bahan bakar minyak bumi menggunakan bahan bakar biodiesel. Oleh karena di beberapa negara sangat gencar melakukan pengembangan biodiesel untuk mengurangi penggunaan masyarakat terhadap solar. Dengan menggunakan biodiesel dapat mengurangi beban masyarakat akan mahalnnya harga solar.

Konsumsi BBM masih menjadi konsumsi terbesar di Indonesia, maka dari itu perlu bahan bakar alternatif untuk menggantinya. Biodiesel

merupakan bioenergi bersih terbarukan karena dapat diproduksi dari minyak nabati dan tidak memiliki kandungan sulfur. Kualitas biodiesel mirip dengan solar, sehingga menjadi alternatif yang menjanjikan untuk bahan bakar diesel.

**Tabel 1.2.** Perbandingan Karakteristik Antara Biodiesel Dan Solar.

| Kriteria                               | Biodiesel (b) | Solar (s) | (b-s) x 100% |
|----------------------------------------|---------------|-----------|--------------|
| SO <sub>2</sub> (ppm)                  | 0             | 78        | -100         |
| CO (ppm)                               | 10            | 40        | -75          |
| NO (ppm)                               | 37            | 64        | -42          |
| NO <sub>2</sub> (ppm)                  | 1             | 1         | 0            |
| O <sub>2</sub> (%-b)                   | 6             | 6.6       | -9           |
| Total Partikulat (mg/Nm <sup>3</sup> ) | 0,25          | 5,6       | -96          |
| Benzen (mg/Nm <sup>3</sup> )           | 0,3           | 5,01      | -99,9        |
| Toluen (mg/Nm <sup>3</sup> )           | 0,57          | 2,31      | -99,9        |
| Xylen (mg/Nm <sup>3</sup> )            | 0,73          | 1,57      | -99,9        |
| Etil Benzene (mg/Nm <sup>3</sup> )     | 0,3           | 0,73      | -59          |

**Sumber :** Soerawidjaja, 2001

Kandungan belerang pada biodiesel yang sangat sedikit secara nyata dapat mengurangi pencemaran . Kandungan belerang yang sangat rendah bisa memungkinkan penggunaan katalis pada sistem gas buang. Jika biodiesel dicampur/digunakan bersamaan dengan minyak solar, maka biodiesel dapat meminimalisir atau menghilangkan kebutuhan belerang yang ada dalam minyak diesel.biasanya minyak solat membutuhkan belerang lebih dari 500 ppm/juta bagian atau 0,05% digunakan untuk menambah pelumas.

Dengan mencampur biodiesel dengan solar dapat meminimalisir kadar belerang dalam solar sebesar 15 ppm atau 0,0015%. Dengan melakukan pencampuran biodiesel sebesar 1 % akan mendapatkan pelumas

sebesar 65%. dengan tujuan mengurangi kadar belerang ini hanya cukup mencampurkan biodiesel dengan solar sebanyak 0,4%-0,5%.

Bahan bakar biodiesel bisa menjadi bahan bakar alternatif yang memiliki beberapa keunggulan yaitu, Kelebihan biodiesel yaitu:

- dapat diperbaharui (*renewable*), karena terbuat dari bahan alam .
- menghasilkan emisi yang rendah sehingga menjadi bahan bakar yang ramah lingkungan.
- mudah diuraikan oleh alam (*biodegradable*).
- tidak mengandung racun dan bebas sulfur.
- Memiliki nomer cetana yang tinggi (>57) dan juga flash point yang tinggi sehingga saat pembakaran lebih lebih efisiensi dan baik dibandingkan dengan bahan bakar konvensional lainnya.
- Dapat mengakibatkan meningkatnya pengapian dan daya tahan mesin
- Penggunaan bahan bakar biodiesel dapat membantu memecahkan dua krisis yaitu krisis bahan bakar minyak bumi dan kerusakan lingkungan dengan cara mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil.
- mudah dikemas
- tidak mengandung *benzene* atau aromatik lain.
- mampu mengurangi efek rumah kaca
- dapat diproduksi secara lokal sehingga dapat meningkatkan independensi *supply* bahan bakar.
- kontinuitas bahan bakunya terjamin
- dengan menggunakan biodiesel maka mesin tidak memerlukan modifikasi.
- Biodiesel juga dapat memperpanjang umur mesin dan menjamin keandalan mesin dengan fubrisitas atau pelumasan maksimum 400 mikro.

### 1.2.2 *Palm Fatty Acid Distillate*



**Gambar 1.2.** *Palm Fatty Acid Distillate*

PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*) merupakan hasil samping dari pemurnian CPO (*Crude Palm Oil*) atau minyak kelapa sawit. Minyak kelapa sawit diekstraksi, kemudian dilakukan proses pemurnian untuk menghilangkan kandungan asam lemak bebas dan juga menghilangkan warna maupun bau pada minyak kelapa sawit. Kemudian pada proses pemucatan, dipanaskan pada alat penghilang bau, asam lemak bebas yang terkandung dalam minyak kelapa sawit pada proses dengan beberapa senyawa menguap dan menghasilkan hasil oksidasi seperti aldehyd dan keton, dan hasilnya adalah *Refined Bleaching Deodorised Palm Oil* (RBDPO).

Dimana hasil destilat dari RBDPO tersebut adalah *Palm Fatty Acid Destilate* (PFAD). Pada proses tersebut, *Palm Fatty Acid Distillate* akan terpisah dari pemurnian CPO sebanyak 4%. PFAD berbentuk semi-padat dengan warna coklat cerah, kekuningan pada suhu kamar dan saat dipanaskan akan mencair berubah warna menjadi coklat. PFAD memiliki kandungan asam lemak jenuh dan tidak jenuh. Pada suhu kamar wujud PFAD dengan kandungan asam lemak jenuh berupa padat atau seperti margarin. Sedangkan pada asam lemak tidak jenuh, PFAD berbentuk cair. Ikatan yang terbentuk pada asam lemak jenuh adalah ikatan tunggal diantara atom-atom penyusunnya, sedangkan pada ikatan asam lemak tidak jenuh

mempunyai minimal satu ikatan ganda diantara atom-atom penyusunnya. (Wiguna, 2013).

a. Kegunaan

*Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD), adalah produk samping dari produksi minyak kelapa sawit (CPO), dengan kandungan FFA 93% berat digunakan sebagai bahan baku untuk produksi biodiesel. Dengan menggunakan bahan baku PFAD maka biaya produksi biodiesel akan rendah dan operasinya akan ringan dengan produksi biodiesel terus-menerus. PFAD adalah bahan baku utama untuk banyak industri oleokimia, termasuk plastik, sabun, detergen, dan produk antara lainnya. (Dumont dan Narine, 2007).

Beberapa studi juga telah meneliti kemungkinan memproduksi biodiesel menggunakan Asam Lemak Bebas (FFA) yang diekstraksi dari PFAD (Chong, 2007). Selain digunakan sebagai bahan baku utama industri oleokimia, *Palm Fatty Acid Distillate* juga berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk memproduksi bahan atau senyawa bioaktif yang mempunyai manfaat untuk kesehatan tubuh. Hal tersebut dikarenakan bahwa PFAD memiliki kandungan bahan bioaktif seperti vitamin (*tocopherol* dan *tocotrienol*), *phytosterol* dan *squalene*. PFAD memiliki potensi sebagai bahan untuk memproduksi senyawa bio-aktif khususnya vitamin E, *phytosterol* dan *squalene*.

Dengan menggunakan bahan alternatif PFAD dapat menghindari kerusakan ekosistem alam dengan mengurangi penggunaan ikan hiu untuk diekstraksi demi mendapatkan senyawa *squalene*. Dan juga sebagai terobosan baru, karena selama ini produksi senyawa tersebut didapatkan dari bahan baku CPO atau minyak nabati.

Pada proses pembuatan minyak sawit akan banyak menghasilkan kandungan 73% olein, 21% stearin, 5-6% PFAD, dan 0,5-1% CPO parit Crude Palm Oil (CPO) dapat dijadikan produksi minyak sawit padat (RBDPOStearin/*Refined Bleached Deodorized Palm Oil Stearin*) dan minyak sawit cair (RBD olein). RBD olein biasanya dimanfaatkan untuk

membuat minyak goreng, sedangkan RBD stearin dimanfaatkan dalam pembuatan margarin, *hortening* dan juga dapat digunakan sebagai bahan baku industri sabun dan deterjen, sedangkan PFAD belum banyak pemanfaatannya. Padahal PFAD memiliki kandungan FFA yang cukup tinggi yaitu 93%, maka dari itu kami menggunakan PFAD sebagai bahan baku pembuatan biodiesel dengan menggunakan proses reaksi esterifikasi untuk mengkonversi minyak menjadi biodiesel. PFAD memiliki potensi yang menjanjikan untuk digunakan dalam bahan baku *biofuel* kelapa sawit generasi kedua yang murah. PFAD bisa menjadi sumber asam lemak untuk aplikasi non-makanan di beberapa industri.

**Tabel 1.3.** Komposisi *Palm Fatty Acid Distillate*

| Asam Lemak           | Rumus Molekul     | Komposisi Berat (%) |
|----------------------|-------------------|---------------------|
| Asam Lemak Jenuh     |                   |                     |
| Miristat             | $C_{14}H_{28}O_2$ | 1                   |
| Palmitat             | $C_{16}H_{32}O_2$ | 45,6                |
| Stearat              | $C_{18}H_{36}O_2$ | 3,8                 |
| Arakidat             | $C_{20}H_{40}O_2$ | 0,3                 |
| Asam Lemak Tak Jenuh |                   |                     |
| Palmitoleat          | $C_{16}H_{30}O_2$ | 0,2                 |
| Oleat                | $C_{18}H_{34}O_2$ | 33,3                |
| Eikosenoat           | $C_{20}H_{38}O_2$ | 0,2                 |
| Tetrakosanoat        | $C_{24}H_{46}O_2$ | 0,6                 |
| Asam Tak Jenuh Ganda |                   |                     |
| Linoleat             | $C_{18}H_{32}O_2$ | 7,7                 |
| Linolenat            | $C_{18}H_{30}O_2$ | 0,3                 |

**Sumber :** S. Chongkhong et al. / *Renewable Energy* 34 (2009) 1059–1063

Dengan memanfaatkan *Palm Fatty Acid Distillate* menjadi bahan baku produksi biodiesel dapat membuat PFAD menjadi bahan yang memiliki nilai tinggi, seperti :

- Dimanfaatkan untuk pembuatan biodiesel dengan harga yang ekonomis, ketahanan energi negara dapat meningkat.
- *Transfer pricing* ,karena PFAD yang semula kurang dimanfaatkan dan cenderung menjadi kendala bagi pabrik kelapa sawit dan hanya di manfaatkan untuk pengairan (*land application*) dirubah menjadi bahan bakar yang memiliki nilai ekonomi lebih tinggi.
- Mengurangi pencemaran limbah terhadap air,tanah dan sungai
- Membantu pemerintah dalam mengembangkan bahan bakar alternatif (biodiesel).

Jika *Palm Fatty Acid Distillate* dapat dimanfaatkan dengan baik akan memiliki potensi yang tinggi sebagai bahan baku utama dalam pembuatan biodiesel.

### 1.2.3 Esterifikasi

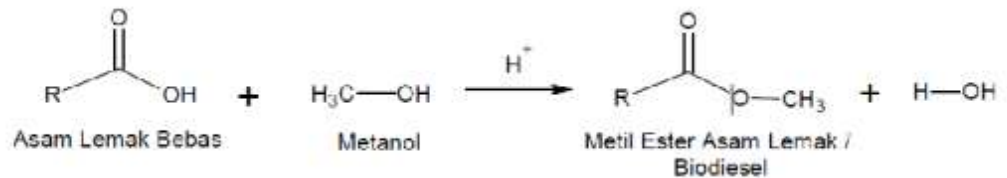
Esterifikasi yaitu reaksi yang menggunakan katalis asam kuat (asam sulfat) untuk menghasilkan ester dengan cara mereaksikan asam karboksilat dengan alkohol. Dengan bantuan katalis Asam lemak bebas akan dikonversi menjadi metil ester. Esterifikasi merupakan reaksi *reversible*, yaitu air harus dipindahkan dengan menambahkan methanol lebih banyak untuk mengarahkan reaksi ke kanan dan akan mendapatkan *yield* ester yang tinggi. Dengan menggunakan reaksi esterifikasi untuk pembuatan biodiesel, asam lemak, Metanol dan dengan bantuan katalis asam sulfat direaksikan dalam reaktor alir tangki berpengaduk untuk membentuk metil ester (biodiesel) dan air . metanol yang digunakan harus berlebih untuk memperoleh hasil *yield* yang tinggi, dan air yang dihasilkan dari proses reaksi harus dibuang secara kontinyu.

Proses esterifikasi dapat berlangsung secara *batch* dan *kontinyu*. Proses *batch* adalah masuknya reaktan dan keluarnya hasil dilakukan dalam waktu tidak terus menerus, sedangkan proses kontinyu dilakukan secara terus menerus. Pada reaksi esterifikasi kesetimbangan asam lemak jauh lebih terbatas , walaupun sudah dibantu dengan menggunakan katalis,



berlangsungnya lebih lama jika dibandingkan dengan reaksi alkoholisis trigliserida/transesterifikasi.

Reaksi esterifikasi yang terjadi adalah sebagai berikut :



**Gambar 1.3.** Reaksi esterifikasi

Produk yang keluar dari reaktor dinetralkan kemudian dipisahkan fase organik dari fase cairnya dalam separator. Campuran organik keluar dari separator lalu dimurnikan dengan memisahkan dalam evaporator.

Proses Esterifikasi adalah sebagai berikut : -

- *intimate mixing* antara fase alkohol dan asam lemak ( FFA > 5 % )
- Proses esterifikasi bisa dilakukan dengan cara *batch* dan kontinyu
- Kualitas metanol sebesar 99,9 %
- *Excess methanol* sebesar 50 % berat –
- Katalis asam kuat : H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan HCL
- Katalis : 3 % berat minyak –
- Bahan penetral : NaOH dengan kadar sebesar 98 % dan jumlah 2 % berat minyak
- Lama reaksi yang digunakan 4 jam konversi ; 94 %

Sumber : Mittelbach et al, 2004, p, 62

Reaksi yang kami gunakan untuk proses pabrik biodiesel ini adalah reaksi esterifikasi, karena factor-faktor sebagai berikut :

- Dapat digunakan untuk bahan baku yang memiliki kondisi kadar FFA (*Free Fatty Acid*) lebih dari 5%. Sehingga bahan baku yang diolah dapat memiliki beragam kualitas (lebih ekonomis).
- Bisa digunakan untuk proses yang memiliki kandungan 100% FFA *feed*.

Sumber : K. Shainc Tyson, "Brown Crease Feedstocks for BiodieseP  
National Renewable Energy laboratory: 2002,

- Dapat digunakan untuk bahan baku yang memiliki kadar keasaman tinggi dan juga bahan baku dengan mutu yang rendah.
- Dapat menurunkan menurunkan kandungan asam lemak bebas hingga sekitar 2 %.
- Dengan memadukan reaksi esterifikasi dengan menggunakan katalis asam ( $H_2SO_4$ ) lebih ekonomis sehingga dapat mengurangi harga produksi  
Sumber: Adam Karl, "Kinetics of Catalyst Development" university of Queensland Australia, Brisbane: 2002.
- Tidak menimbulkan proses penyabunan seperti yang terjadi pada proses transesterifikasi, sehingga tidak perlu menggunakan tambahan alat proses, alat yang digunakan sederhana dan mudah untuk dioperasikan (*Fully Automated Process*) serta dapat dipakai untuk proses berbagai macam *vegetable oil*.

Sumber : Coulin Boudoin, "Biodiesel : 2nd Generation Technology" Institut Francais Du Petrole: 2005

### **1.3. Penentuan Kapasitas**

#### **1.3.1. Ketersediaan Bahan Baku**

Bahan yang digunakan untuk pembuatan biodiesel adalah *Palm Fatty Acid Distillate*. PFAD adalah produk samping dari pembuatan minyak kelapa sawit. Di Indonesia pembuatan minyak kelapa sawit semakin lama semakin meningkat sehingga bahan baku PFAD yang dibutuhkan untuk pembuatan biodiesel dari tahun ke tahun akan mengalami peningkatan, Jumlah produk samping PFAD pada proses penyulingan (*refining*) CPO berkisar 4% dari CPO yang diolah.

**Tabel 1.4.** Data Produksi CPO dan PFAD

| Tahun | Produksi Minyak Kelapa Sawit (Ton/Tahun) | Produksi <i>Palm Fatty Acid Distillate</i> (Ton/Tahun) |
|-------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 2013  | 30.000.000                               | 1.200.000                                              |
| 2014  | 31.500.000                               | 1.260.000                                              |
| 2015  | 32.500.000                               | 1.300.000                                              |
| 2016  | 31.500.000                               | 1.260.000                                              |
| 2017  | 38.170.000                               | 1.526.000                                              |
| 2018  | 22.320.000                               | 892.800                                                |
| 2019  | 51.800.000                               | 2.072.000                                              |
| 2020  | 23.470.000                               | 23.470.000                                             |

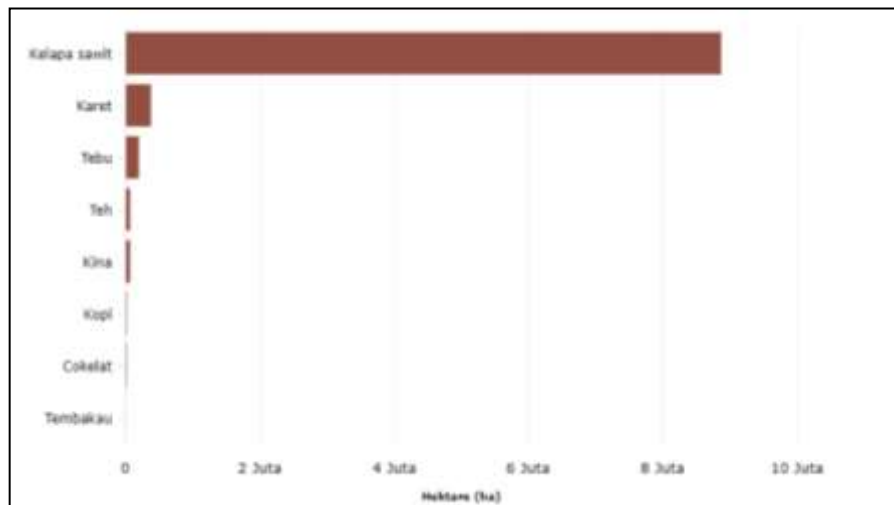
**Sumber :** Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI)

Diperkirakan bahwa pada tahun 2021 produksi minyak kelapa sawit (CPO) akan mengalami peningkatan yang signifikan yaitu mencapai 49 juta ton. (gapki, 2020)

Maka ketersediaan bahan baku PFAD diperkirakan sebesar 1.960.000 ton/tahun. Dan untuk tahun kedepan akan mengalami peningkatan terus menerus, atau tidak ketersediaan PFAD stabil.

### **1.3.2. Kebutuhan Dari Aspek Pasar**

Perkebunan terbesar di Indonesia di dominasi oleh kelapa sawit, dengan demikian untuk ketersediaan bahan baku yang dibutuhkan untuk produksi biodiesel akan mudah untuk dicari dan tidak khawatir dengan ketersediaannya. Menurut Direktorat Jendral Perkebunan, 2020. Berikut ini data terkait luas perkebunan besar di Indonesia :



**Gambar 1.4.** Luas perkebunan Besar menurut jenisnya 2021

Dengan menggunakan bahan bakar alternatif biodiesel diharapkan dapat menghemat penggunaan bahan bakar diesel yang semakin lama semakin menurun. Indonesia termasuk kedalam salah satu produsen/*supplay* biodiesel terbesar di dunia. Hal ini dikarenakan produksi minyak sawit yang besar di Indonesia yang menunjang produksi bahan bakar diesel yang dicampur dengan minyak kelapa sawit. Mandatori biosolar yaitu pemakaian bahan bakar diesel yang dicampur dengan kandungan minyak sawit membuat permintaan biodiesel di Indonesia melonjak, setiap tahunnya.

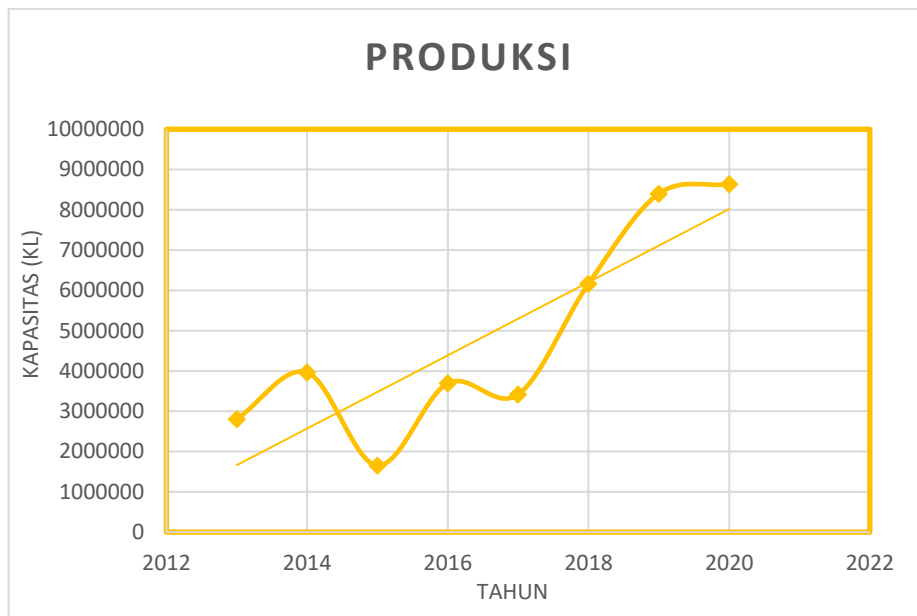
**Tabel 1.5.** Produksi Biodiesel Indonesia

| TAHUN | PRODUKSI (KL) |
|-------|---------------|
| 2013  | 2805000       |
| 2014  | 3961081       |
| 2015  | 1652801       |
| 2016  | 3696359       |
| 2017  | 3416417       |
| 2018  | 6167387       |
| 2019  | 8399184       |

2020

8634867

**Sumber :** Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi



**Gambar 1.5.** Data Produksi Biodiesel Indonesia

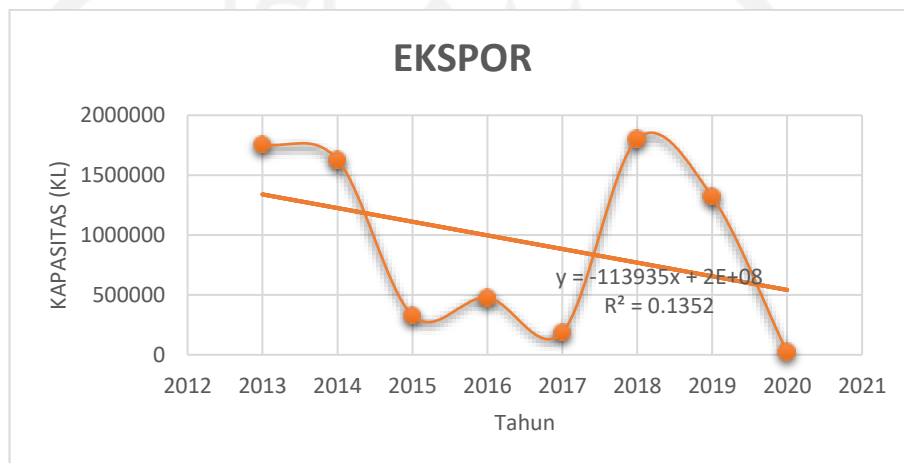
Dari data statistik tersebut dapat diketahui bahwa produksi biodiesel di Indonesia dari tahun 2013-2020 mengalami kenaikan yang signifikan. Indeks ketahanan energi di Indonesia sudah cukup baik, hal ini dikarenakan pasokan energi terbarukan yang melimpah, salah satunya adalah biodiesel, ungkap Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional (DEN).

**Tabel 1.6.** Ekspor Biodiesel Indonesia

| TAHUN | EKSPOR (KL) |
|-------|-------------|
| 2013  | 1757000     |
| 2014  | 1629262     |
| 2015  | 328573      |
| 2016  | 476937      |
| 2017  | 187349      |

|      |         |
|------|---------|
| 2018 | 1802926 |
| 2019 | 1319428 |
| 2020 | 20589   |

**Sumber :** Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi



**Gambar 1.6.** Data Ekspor Biodiesel Indonesia

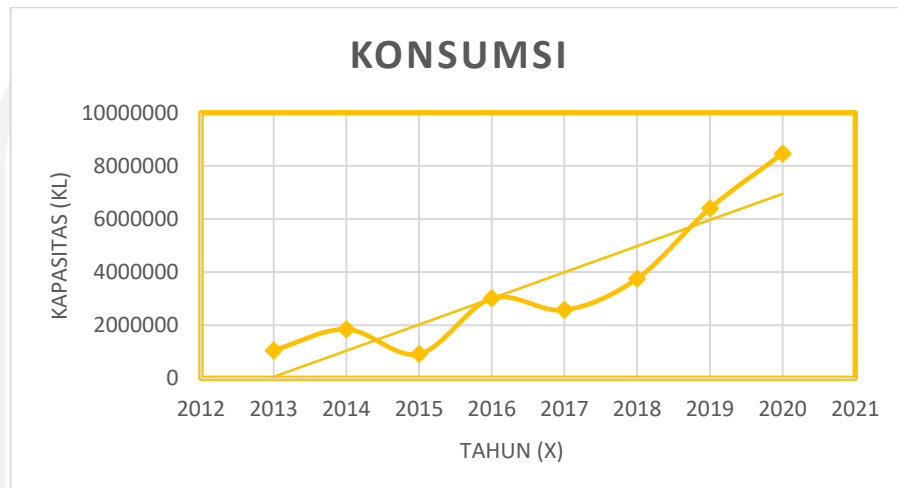
Ekspor biodiesel mengalami penurunan dari 3 tahun terakhir, terutama di tahun 2020, hal ini dikarenakan karena pandemi yang melanda di negara kita, yang sampai saat ini belum kunjung berhenti. Hal tersebut membuat ekspor biodiesel merosot jauh dari tahun sebelumnya.

**Tabel 1.7.** Konsumsi Biodiesel Indonesia

| TAHUN | KONSUMSI (KL) |
|-------|---------------|
| 2013  | 1048000       |
| 2014  | 1844663       |
| 2015  | 915460        |
| 2016  | 3008474       |
| 2017  | 2571569       |
| 2018  | 3750066       |

|      |         |
|------|---------|
| 2019 | 6396397 |
| 2020 | 8460983 |

**Sumber :** Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi



**Gambar 1.7.** Data Konsumsi Biodiesel Indonesia

Konsumsi biodiesel di Indonesia dari tahun 2013-2020 mengalami kenaikan yang signifikan. Dan diperkirakan akan meningkat pada jangka waktu tahun kedepan. Dengan memanfaatkan produksi dan limbah kelapa sawit sebagai sumber energi yang terbarukan dapat berkontribusi untuk meningkatkan ketahanan energi dalam negeri. Perkiraan jumlah konsumsi biodiesel di Indonesia pada tahun 2025 adalah sebanyak 9 juta ton/tahun. Program biosolar, yaitu bahan bakar campuran dari biodiesel dengan solar, menekan pemakaian solar. Program tersebut memberi manfaat yang menjanjikan untuk perekonomian nasional menambahkan program mandatori biodiesel telah membawa manfaat bagi perekonomian nasional, memberikan dampak positif bagi sosial dan juga dapat menjaga kerusakan lingkungan dengan pengurangan emisi gas rumah kaca.

Konsumsi biodiesel pada tahun 2020 sebesar 8.460.983 kl/tahun = 2.987.967,9478 ton/tahun, kemudian dikalikan dengan densitas biodiesel : 0,867 g/cm<sup>3</sup>. Jadi kebutuhan biodiesel di indonesia pada tahun 2020 adalah

sebesar 2.590.568,21 ton/tahun. Pabrik biodiesel yang akan kami dirikan yaitu diambil 5% dari jumlah kebutuhan konsumsi biodiesel. alasan kami hanya mengambil 5% adalah karena bahan baku PFAD bukan hanya digunakan untuk produksi biodiesel, akan tetapi ada banyak sektor yang memanfaatkan bahan baku tersebut. Sektor lain yang menggunakan bahan baku PFAD salah satunya adalah industri oleokim. Bahkan PFAD juga digunakan sebagai bahan baku untuk memproduksi senyawa bioaktif yang bermanfaat untuk kesehatan. Karena PFAD memiliki kandungan bioaktif seperti vitamin E yang bermanfaat untuk menurunkan kadar kolestrol, melawan penyakit jantung dan mencegah kanker.

Maka dari itu untuk terpenuhinya bahan baku PFAD untuk sektor lain, kami mengambil 5% jadi kapasitas pabrik biodiesel yang akan didirikan yaitu sebesar :  $5\% \times 2.590.568,21 = 129.528,41$  atau kami bulatkan menjadi 130.000 ton/tahun. Dengan kapasitas tersebut akan menjadi pabrik biodiesel dengan skala menengah keatas dan dapat bersaing dengan pabrik biodiesel yang sudah berdiri di Indonesia. Dengan mempertimbangkan pemanfaatan bahan baku PFAD, pemenuhan kebutuhan energi, dan potensi pasar dalam negeri yang memiliki peluang besar menjadi beberapa alasan untuk mendirikan pabrik ini. Pabrik biodiesel dari *Palm Fatty Acid Distillate* diharapkan dapat membantu memenuhi kebutuhan energi di Indonesia.

### **1.3.3. Skala Komersial Pabrik Yang Menguntungkan**

Untuk menentukan kapasitas pabrik, perlu mempertimbangkan dalam memilih skala komersial yang dilakukan agar mendapat keuntungan. Pertimbangan yang dilakukan dapat melihat kapasitas pabrik yang selama ini sudah berdiri di Indonesia. Berikut ini adalah perusahaan biodiesel di Indonesia :



**Tabel 1.8.** Daftar Perusahaan Biodiesel Di Indonesia

| Nama Perusahaan                | Lokasi                | Kapasitas (Ton/Tahun) |
|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| PT. Wilmar Bioenergy Indonesia | Dumai, Riau           | 1.300.000             |
| PT. Wilmar Nabati Indonesia    | Gresik, Jawa Timur    | 1.400.000             |
| PT Musim Mas Batam             | Batam, Kepulauan Riau | 780.00                |
| PT Ciliandra Perkasa           | Dumai, Riau           | 250.000               |
| PT Cemerlang Energi Perkasa    | Dumai, Riau           | 600.000               |
| PT Musim Mas Medan             | Medan, Sumatera Utara | 400.000               |
| PT Pelita Agung Agri Industry  | Bengkalis, Riau       | 200.000               |
| PT Multi Biofuel Indonesia     | Kalimantan Selatan    | 160.000               |
| PT Darmex Bioufels             | Cikarang, Jawa Barat  | 250.000               |
| PT Anugerah Inti Gemanusa      | Gresik, Jawa Timur    | 120.000               |
| PT LDC Indonesia               | Lampung               | 420.000               |
| PT Bayas Bioufel               | Indragiri, Riau       | 750.000               |
| PT Tunas Baru Lampung          | Teluk Betung, Jakarta | 350.000               |
| PT Permata Hijau Palm Oleo     | Sumatra Utara         | 363.000               |
| PT Sukajadi Sawit Mekar        | Kalimantan Tengah     | 350.00                |

**Sumber :** Asosiasi Produsen Biofuel Indonesia, 2021

**Tabel 1.9.** Daftar Perusahaan Biodiesel Diluar Negeri

| Nama Perusahaan                  | Lokasi               | Kapasitas (ton/tahun) |
|----------------------------------|----------------------|-----------------------|
| Brasil Ecodiesel                 | CE, Brazil           | 723.900               |
| General Biodiesel<br>Northwest   | Seattle, WA, USA     | 38.000                |
| Owensboro Grain Biodiesel<br>LLC | Owensboro,KY,<br>USA | 170.000               |
| Granol                           | RS/S, Brazil         | 616.600               |
| Biocapital                       | SP/SE,Brazil         | 274.100               |
| futureFuel Chemical<br>Company   | Batesville,AR, USA   | 223.000               |

**Sumber:** Biodiesel magazine dan ANP,2009;BiodieselBr,2009.

Seperti yang kita ketahui bahwa, *Palm Fatty Acid Distillate* banyak di ekspor keluar negeri untuk diolah kembali, maka dari itu perlunya pemanfaatan PFAD di dalam negeri, agar menjadi produk yang lebih berguna untuk perekonomian Indonesia. Di Indonesia sendiri belum banyak pabrik biodiesel berbahan *Baku Palm Fatty Acid Distillate* dengan kapasitas besar, namun sudah terdapat beberapa yayasan pengepul PFAD atau perusahaan yang mencoba mengolah menjadi biodiesel namun masih dengan kapasitas kecil.

Jika dibandingkan dengan kapasitas pabrik biodiesel yang sudah berdiri di Indonesia, kapasitas pabrik biodiesel dari *Palm Fatty Acid Distillate* 130.000 ton/tahun cukup besar. Dengan demikian dengan berdirinya pabrik ini akan membantu memenuhi kebutuhan biodiesel di Indonesia, sebagai penyedia produk biodiesel. Tujuan lainnya yaitu dapat memanfaatkan PFAD menjadi produk samping yang bisa dimanfaatkan sebagai produk biodiesel. dengan memanfaatkan PFAD sebagai bahan baku pembuatan biodiesel diharapkan dapat mengurangi jumlah pencemaran limbah akibat produksi minyak kelapa sawit.

#### 1.4. Pemilihan Proses Produksi

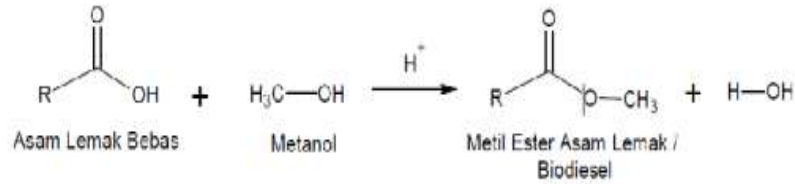
Ada beberapa macam proses dalam pembuatan biodiesel. Berikut ini adalah proses pembuatan biodiesel yang sudah dikembangkan untuk pembuatan biodiesel. diantaranya adalah esterifikasi, transesterifikasi, *Ultrasonic Irradiation Method*, *Supercritical Alcohol Method*, *Co-Solvent Method*, *Continuous Method Using a Gas-Liquid Reactor*

##### 1.4.1. Esterifikasi

Esterifikasi adalah reaksi yang digunakan untuk memproduksi biodiesel. pada reaksi ini terjadi sintesis antara asam lemak bebas yang terkandung dalam minyak nabati/hewani dengan bantuan methanol. Untuk mempercepat reaksi diperlukan katalis asam kuat, seperti asam sulfat. Alasan menggunakan asam kuat yaitu agar tidak terjadi penyabunan saat proses reaksi terjadi. Penyabunan ini terjadi akibat kandungan asam lemak bebas yang tinggi pada bahan baku yang digunakan, untuk menekan terjadi penyabunan maka harus menggunakan katalis asam kuat seperti asam sulfat. Reaksi esterifikasi bersifat *reversible*, agar mendapatkan rendemen ester yang tinggi maka kesetimbangannya harus dilakukan menggeserkan kearah sisi produk dengan cara menambahkan methanol yang berlebih.

Reaksi esterifikasi dilakukan dengan cara mencampurkan asam lemak bebas dan methanol dengan bantuan katalis asam sulfat dengan konsentrasi 98% kemudian dipanaskan pada suhu tertentu agar menghasilkan biodiesel dan air. Temperatur yang digunakan adalah 60°C dan tekanan sebesar 1 atm dibuat konstan. Konversi reaksi esterifikasi yang dipakai adalah 95-99% (Puji,2010).

Berikut ini adalah reaksi esterifikasi dalam pembuatan biodiesel :

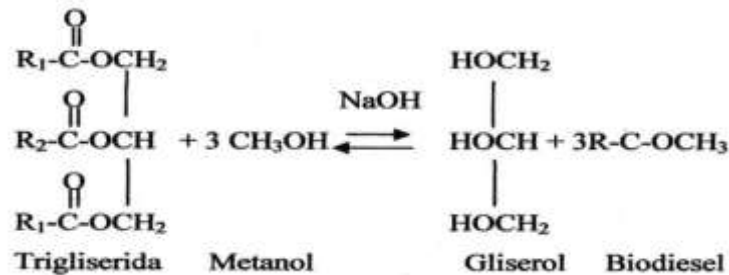


**Gambar. 1.8.** Reaksi Esterifikasi

#### 1.4.2. Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi adalah dengan cara mengonversikan asam lemak bebas dari trigliserida menjadi biodiesel dengan bantuan alkohol yaitu methanol. Pada reaksi ini membutuhkan katalis, katalis yang digunakan yaitu katalis homogen atau heterogen. Katalis heterogen yang biasanya dipakai pada reaksi ini adalah  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaO}$  dan  $\text{Ca(OH)}_2$ . Menggunakan katalis heterogen masih terdapat kekurangan yaitu dapat menurunkan aktifitas katalis setelah operasi berlangsung beberapa jam, sehingga reaksi tidak sempurna dan produk sulit dipisahkan dengan produk sampingnya.

Katalis homogen yang dipakai pada proses reaksi transesterifikasi adalah berupa katalis asam atau basa yang dapat terlarut dalam alkohol. Kemudian katalis yang terlarut ditambahkan kedalam minyak atau lemak yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Biasanya pada proses tersebut tidak ada pelarut tambahan yang digunakan.



**Gambar 1.9.** Reaksi Transesterifikasi

Dari beberapa proses pembuatan biodiesel yang sudah dijelaskan diatas maka berdasarkan kandungan yang terdapat pada bahan baku yang

digunakan. *Palm Fatty Acid Distillate* mempunyai kandungan asam lemak bebas sebesar 93% sedangkan sisanya adalah Komponen lain yang tersisa yaitu trigliserida, gliserida, vitamin E, *sterol*, *squalane*, dan zat volatile lainnya. Banyaknya kandungan asam lemak pada PFAD dapat menyebabkan penyabunan, maka dari itu diperlukan katalis asam kuat untuk menekan penyabunan tersebut.

Maka dari itu asam lemak bebas dan methanol dikonversi dengan bantuan katalis asam sulfat untuk menghasilkan biodiesel/metil ester. Kemudian untuk menghilangkan kandungan katalis asam sulfat ditambahkan dengan senyawa *sodium hydroxide* di penetralan. Proses yang dipakai pada pabrik biodiesel dari *Palm Fatty Acid Distillate* adalah esterifikasi. Dengan demikian hasil dari bahan baku yang diproses secara baik dan tepat diharapkan dapat menghasilkan produk biodiesel yang sesuai dengan standar dan dapat dipasarkan kepada konsumen dengan mudah. Produk yang dihasilkan harus sesuai dengan spesifikasi biodiesel yang sudah diatur oleh Badan Standarisasi Nasional sesuai dengan SNI.

Proses pembuatan biodiesel dari minyak nabati atau lemak juga dapat dilakukan dengan berbagai cara, menurut (Thanh, Le Tu. dkk, 2012) adalah sebagai berikut :

a. *Mechanical Stirring Method Transesterifikasi*

Adalah antara trigliserida dan alkohol dengan bantuan katalis biasanya dilakukan dalam reaktor *batch*. Langkah pertama, reaktan dipanaskan sampai suhu yang diinginkan, lalu dicampur sempurna dengan pengaduk mekanik. Reaksi transesterifikasi ini menghasilkan *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) yang merupakan biodiesel. Hasil biodiesel yang diperoleh tergantung dari berbagai macam parameter, seperti jumlah katalis, suhu reaksi, rasio alkohol dan minyak, kecepatan pengadukan dan lain-lain.

Dalam praktiknya, produksi biodiesel banyak yang menggunakan *Continous Stirred Tank Reactor* (CSTR) untuk

mencapai kapasitas produksi yang besar serta untuk mendapatkan ukuran reaktor yang lebih kecil. Metode produksi biodiesel dengan menggunakan pengadukan mekanik ini adalah metode yang paling banyak digunakan dan cocok untuk katalis homogen ataupun heterogen. 15

b. *Homogeneous Base-Catalyst Transesterification*

Adalah Reaksi transesterifikasi dengan katalis basa seperti senyawa hidroksida dan metoksida memberikan hasil yang bagus ketika minyak yang digunakan berkualitas tinggi ( $FFA < 1 \text{ wt.}\%$  and  $moisture < 0.5 \text{ wt.}\%$ ). Reaksi dijalankan pada suhu 60–65 °C dan tekanan atmosferis dengan jumlah alkohol yang berlebih, biasanya metanol. Rasio molar alkohol terhadap minyak yang paling sering digunakan adalah 6:1 atau lebih. Jika digunakan NaOH atau KOH dibutuhkan beberapa jam untuk menyelesaikan reaksi. Basa alkoksi seperti *alkaline alkoxides* adalah katalis yang paling reaktif karena bisa menghasilkan FAME lebih dari 98% dengan waktu reaksi yang lebih singkat, yaitu 30 menit.

Selain itu, katalis metoksida tidak seperti katalis hidroksida yang pemurniannya sulit. Basa hidroksida lebih murah daripada basa alkoksi, tetapi kurang reaktif. Kelemahan utama dari katalis basa adalah tidak bisa digunakan secara langsung pada minyak atau lemak yang mengandung banyak FFA ( $> 1 \text{ wt.}\%$ ). Apabila FFA dinetralsasi oleh basa membentuk sabun dan air maka aktifitas katalis akan menurun. Pembentukan sabun ini menghambat proses pemisahan gliserol dari campuran dan pemurnian FAME dengan air.

Penghilangan katalis yang tersabunkan sangat sulit dan memberikan biaya tambahan yang besar dalam produksi biodiesel. Biodiesel yang diperoleh dimurnikan dengan cara pencucian dengan air atau distilasi pada suhu tinggi dan tekanan

yang lebih rendah. Pada minyak nabati atau lemak dengan kandungan FFA yang rendah, transesterifikasi dengan katalis basa lebih cepat daripada transesterifikasi dengan katalis asam sehingga secara umum lebih banyak digunakan secara komersial dalam skala industri.

c. *Homogeneous Acid-Catalyst Transesterification*

Pada umumnya kandungan terbesar minyak nabati dan minyak hewani adalah trigliserida dan sisanya dalam bentuk asam lemak bebas (*Free Fatty Acid/FFA*). Oleh karena itu, reaksi yang dominan adalah 16 reaksi transesterifikasi. Sedangkan reaksi esterifikasi dibutuhkan untuk minyak nabati yang memiliki kadar FFA tinggi (> 1%). Jika kadar FFA terlalu tinggi maka dapat menyebabkan pembentukan sabun yang bisa membentuk emulsi sehingga akan mengganggu proses transesterifikasi. Adanya sabun pada reaksi transesterifikasi akan menghambat pembentukan produk (metil ester) sehingga hasil yang didapat tidak menunjukkan kenaikan yang signifikan.

Sabun pada hasil transesterifikasi akan meningkatkan viskositas dari biodiesel dan mengganggu pemisahan gliserol. Selain itu, dengan adanya sabun maka ada sebagian biodiesel yang terbawa oleh fase air (gliserol). Bahan baku yang mengandung FFA tinggi seperti limbah minyak goreng, *Jatropha curcas*, *rubber*, *tobacco oils* biasanya lebih sering digunakan katalis asam yang berupa asam kuat seperti asam sulfat, asam klorida atau asam fosfat daripada katalis basa karena reaksi yang terjadi tidak menghasilkan sabun. Walaupun katalis asam sangat sensitif terhadap kandungan air dari bahan baku.

Canakci dan Gerpen melakukan esterifikasi dan transesterifikasi secara simultan dengan katalis asam dimana hasil FAME yang diperoleh lebih dari 90% dengan kondisi reaksi pada suhu 600°C, rasio molar methanol dengan minyak

adalah 6:1, asam sulfat sebanyak 3 wt% dan waktu reaksi 96 jam. Kekurangan dari katalis asam adalah dibutuhkan suhu yang lebih tinggi dan reaksi yang lebih lama dan bisa menyebabkan korosi pada peralatan. Selain itu, untuk meningkatkan konversi dari trigliserida dibutuhkan jumlah metanol berlebih yang besar, sehingga harus digunakan rasio molar metanol dengan minyak lebih dari 12:1.

Oleh karena itu, untuk mengurangi waktu reaksi, proses dengan katalis asam diadopsi sebagai *pretreatment step* ketika dibutuhkan untuk mengkonversi FFA menjadi ester. Secara umum, transesterifikasi dengan katalis asam dilakukan pada kondisi rasio molar yang tinggi antara metanol dengan minyak yaitu 12:1, suhu tinggi 80–100 °C dan asam kuat seperti asam sulfat.

d. *Heterogeneous Solid-Catalyst Transesterification*

Kelemahan transesterifikasi basa homogen adalah konsumsi energi yang besar, biaya pemisahan katalis dari campuran reaksi dan pemurnian biodiesel mahal. Oleh karena itu, untuk menurunkan biaya proses pemurnian digunakan katalis padat seperti *metal oxides*, *zeolites*, *hydrotalcites*, dan  $\gamma$ -alumina karena katalis ini mudah dipisahkan dari campuran reaksi dan dapat digunakan kembali. Kebanyakan katalis ini adalah basa atau basa oksida yang ditopang material dengan luas permukaan yang besar.

Seperti katalis homogen, katalis basa padat lebih aktif daripada katalis asam padat. Di alam, CaO dan MgO tersedia dalam jumlah yang melimpah dan secara luas telah digunakan. Ngamcharussrivichai et al. Mengkalsinasi domomite yang kandungan utamanya CaCO<sub>3</sub> dan MgCO<sub>3</sub> pada 800°C selama 2 jam untuk membuat katalis CaO dan MgO untuk transesterifikasi minyak kelapa sawit. Kondisi optimal yang



diperoleh adalah jumlah katalis 6% wt terhadap minyak, rasio molar metanol dengan minyak 30:1, waktu reaksi 3 jam dan suhu reaksi 600°C dan hasil konversi FAME sebesar 96%.

Setelah selesai reaksi, katalis diperoleh kembali dengan sentrifugasi dan dicuci dengan metanol dan digunakan kembali untuk proses selanjutnya. Hasil FAME lebih dari 90% diperoleh sampai pemakaian katalis 7 kali. Huaping et al melakukan transesterifikasi minyak *Jatropha curcas* dengan metanol dan katalis CaO. Hasil FAME yang diperoleh lebih dari 93% dengan jumlah katalis 1.5 wt%, suhu 700°C, rasio molar 9:1 dan waktu reaksi 3,5 jam. Aktivitas katalis padat tergantung dari bagian aktif permukaan CaO atau MgO.

Jika permukaan logam oksida tersebut mudah teracuni oleh absorpsi CO<sub>2</sub> dan air di udara membentuk karbonat dan hidroksida, maka aktifitas katalis tersebut menurun seiring berjalannya waktu. Aktifitas katalis tersebut bisa diperbaiki dengan kalsinasi untuk menghilangkan CO<sub>2</sub> dan air pada suhu tinggi. Katalis padat asam memberikan hasil yang kurang baik jika dibandingkan dengan katalis padat basa.

e. Transesterifikasi dengan katalis enzim

Enzim yang biasanya digunakan dalam produksi biodiesel adalah lipase. Kelemahan proses katalisis dengan enzim adalah mahalny harga lipase. Selain itu, ketidakaktifan enzim yang menyebabkan penurunan hasil FAME sebagian besar dibatasi oleh kelarutan enzim dalam methanol. Aplikasi di industri masih jarang karena aspek kelayakan dan tantangan teknisnya.

Kondisi reaksi optimum dari transesterifikasi *tallow* adalah suhu 450°C, kecepatan pengadukan 200 rpm, konsentrasi enzim 12.5-25% terhadap trigliserida, rasio molar metanol dengan air 3:1, waktu reaksi 4-8 jam (untuk alkohol primer) dan 16 jam (untuk alkohol sekunder). Lipozyme, i.e., IM 60 paling

efektif dengan konversi 95% dengan alkohol primer dan lipase dari *C. antarctica* and *P. cepacia* (PS30) paling efisien dengan konversi 90% dengan alkohol sekunder.

#### 1.4.3. *Ultrasonic Irradiation Method*

Karena sifat kimia dan fisika minyak nabati sangat berbeda dengan metanol maka tidak saling melarutkan (*immiscible*). Transfer massa antar reaktan tersebut adalah parameter paling penting yang mempengaruhi hasil FAME. *Ultrasonic Irradiation* sangat berguna untuk meningkatkan transfer massa pada sistem *liquid-liquid* heterogen. Dengan meningkatnya transfer massa, minyak dan metanol mudah bercampur. Ketika gelombang suara dengan frekuensi yang cocok ditransmisikan secara efektif dari transduser ke cairan minyak dan alkohol, sejumlah gelembung kavitasi terbentuk dalam cairan.

Pembentukan dan hancurnya gelembung kavitasi ini mengganggu batas fase dalam sistem cairan dua fase tersebut. Dengan begitu alkohol dan minyak dengan mudah membentuk emulsi yang bagus dimana ukuran tetesan minyak dan metanol dalam mikrometer. Sebagai hasilnya, luas permukaan tetesan alkohol dan minyak meningkat dan kemudian reaksi transesterifikasi berjalan dengan efektif. Dengan *Ultrasonic Irradiation* transesterifikasi dapat dilakukan pada suhu yang lebih rendah dengan 19 jumlah katalis dan metanol lebih sedikit jika dibandingkan dengan metode pengadukan mekanik.

Karena frekuensi rendah *ultrasound* memberikan efisiensi pencampuran yang tinggi, frekuensi ini diadopsi dalam proses produksi biodiesel yaitu dari 20 sampai 40 kHz. Transesterifikasi *ultrasonic* bisa dilakukan secara *batch* atau *continuous*, tetapi untuk industri skala besar yang bisa digunakan adalah *continuous*. Pada proses *continuous* biasanya digunakan *horn type high power transducer* dengan kapasitas 1-3 kW dan transducer ini dihubungkan ke reaktor yang bervolume 1 - 3L. Thanh et al mendesain pilot *plant* menggunakan *horn type transducer* dengan kapasitas

1 kW dan frekuensi 20 kHz untuk memproduksi biodiesel dari minyak canola dan metanol.

Sistem ini dijalankan dengan sistem sirkulasi menggunakan tangki 100L. Hasil FAME yang diperoleh lebih dari 98% dengan kondisi rasio molar 5:1, katalis KOH sebanyak 0.7 wt%, waktu reaksi 1 jam pada suhu lingkungan. Bagaimanapun sangat sulit untuk dilakukan *scale up* sampai ratusan atau ribuan liter karena metanol dan gliserol terpisah dari campuran reaksi dan membuat campuran tidak seragam pada tangki sirkulasi.

#### **1.4.4. Supercritical Alcohol Method**

Transesterifikasi tanpa katalis bisa dilakukan dengan metode ini pada tekanan tinggi (sekitar 80 atm) dan suhu tinggi (300-400°C) pada reaktor kontinyu. Pada kondisi superkritis, campuran reaktan menjadi satu fase dan reaksi berjalan sangat cepat dan spontan. Jika dibandingkan dengan proses berkatalis, metode superkritis ini memiliki 3 kelebihan, yaitu :

- a. Proses ini ramah lingkungan karena tidak menggunakan katalis dalam reaksi, oleh karena itu tidak diperlukan proses pemisahan katalis dan sabun yang terbentuk.
- b. Reaksi super kritis membutuhkan waktu reaksi yang singkat, yaitu 2- 4 menit dan laju konversi lebih cepat.
- c. Adanya FFA ataupun air tidak mempengaruhi reaksi pada metode ini. FFA dikonversi menjadi FAME, bukan sabun. Oleh karena itu proses ini dapat diaplikasikan secara luas untuk bermacam-macam bahan baku.

Kelemahan metode ini adalah dibutuhkan tekanan dan suhu tinggi dan juga rasio molar methanol dengan minyak tinggi (biasanya 42:1) yang membuat biaya produksinya mahal. Demirbas menjalankan transesterifikasi dengan metode ini dengan bahan baku *sunflower* dan methanol dengan katalis CaO. Hasilnya adalah reaksi selesai dalam waktu 6 menit dengan CaO 3 wt%, rasio molar methanol dengan minyak 41:1 pada suhu 525 K, bukan di atas 600K tanpa katalis.

#### 1.4.5. *Co-Solvent Method*

Untuk mendapatkan reaksi satu fase *co-solvents* seperti *tetrahydrofuran* (THF), 1,4-dioxane and *diethyl ether* telah diteliti. Dari *list* tersebut, THF adalah solven pertama yang digunakan dalam transesterifikasi. Rasio molar methanol dengan minyak 6:1 penambahan THF sebanyak 1.25 volume methanol ke minyak menghasilkan sistem satu fase dimana proses transesterifikasi dipercepat. Selain itu, THF dipilih karena titik didihnya (670°C) hanya 20°C diatas methanol. Oleh karena itu, kelebihan methanol dan THF bisa didistilasi dan *direcycle*.

Transesterifikasi *soybean oil* dengan methanol dilakukan dengan variasi konsentrasi NaOH dengan menggunakan *co-solvent* THF. Hasil FAME adalah 82.5, 85, 87 dan 96% diperoleh dengan konsentrasi katalis 1.1, 1.3, 1.4 dan 2.0 wt.% dan waktu reaksi 1 menit. Transesterifikasi *coconut oil* dengan menggunakan rasio volum THF/methanol 0.87 dengan NaOH 1wt% konversi yang diperoleh adalah 99% dalam waktu 1 menit.

#### 1.4.6. *Continuous Method Using a Gas-Liquid Reactor*

Proses ini dilakukan dengan atomisasi minyak/lemak lalu dimasukkan ke *reaction chamber* yang berisi uap methanol dan katalis basa dengan aliran *counter current*. Proses atomisasi ini meningkatkan area kontak methanol minyak dengan menghasilkan tetesan berukuran mikro yaitu 100–200  $\mu\text{m}$  dan meningkatkan transfer panas dan transfer massa yang menjadi kunci kecepatan reaksi. Proses ini memerlukan kelebihan methanol yang besar karena tidak seperti proses *batch* yang metanolnya bisa *direcycle* kembali ke reaktor tanpa membutuhkan proses pemisahan dan kebutuhan energi yang mahal.

Transesterifikasi *soybean oil* dengan methanol dilakukan dengan *continuous gas-liquid reactor* pada kondisi optimum yaitu NaOH 5–7 g L<sup>-1</sup> dalam methanol, methanol 17.2 L h<sup>-1</sup>, minyak 10 L h<sup>-1</sup> dan suhu 100 – 120 °C. Dengan kondisi ini konversi trigliserida yang diperoleh sebesar 94–

96%. Adapun kesimpulan dari pemilihan proses dalam pembuatan biodiesel adalah sebagai berikut:

**Table 1.10.** Perbandingan Proses Seleksi Produksi Biodiesel

| Parameter     | Proses Produksi Biodiesel                                                                                                                           |                                                                                      |                                                                                               |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| yang ditinjau | Esterifikasi                                                                                                                                        | Transesterifikasi                                                                    | <i>Homogeneous Base-Catalyst Transesterification</i>                                          |
| Bahan Baku    | Asam lemak                                                                                                                                          | Asam lemak & trigliserida                                                            | Asam lemak & trigliserida                                                                     |
| Katalis       | Asam H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , HCl                                                                                                           | Asam dan basa H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , NaOH, KOH                             | KOH / NaOH                                                                                    |
| Temperatur    | 60- 70 °C                                                                                                                                           | Suhu 60 - 70 °C                                                                      | 60-65°C                                                                                       |
| Tekanan       | 1 atm                                                                                                                                               | 1 atm                                                                                | 1 atm                                                                                         |
| Konversi      | 95-99,5 %                                                                                                                                           | 95 - 99,5 %                                                                          | >98%                                                                                          |
| Produk        | Metil ester / Biodiesel                                                                                                                             | Metil ester / Biodiesel                                                              | Metil ester / Biodiesel                                                                       |
| Kelebihan     | Produk tidak sulit untuk dipisahkan dengan katalis sehingga tidak dibutuhkan biaya produksi tambahan, tidak bersifat racun dan mudah didaur ulang . | Proses yang digunakan lebih cepat dan efisiensi pada temperatur yang relatif rendah. | bisa menghasilkan FAME lebih dari 98% dengan waktu reaksi yang lebih singkat, yaitu 30 menit. |

|            |                                                        |                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                             |
|------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kekurangan | Katalis yang digunakan lebih mahal dan bersifat korosi | Dapat menyebabkan penyabunan jika bereaksi dengan FFA ( <i>Free Fatty Acid</i> ), katalis dan produknya lebih sulit dipisahkan dan dapat meningkatkan biaya produksi | tidak bisa digunakan secara langsung pada minyak atau lemak yang mengandung banyak FFA (> 1 wt.%),<br>Penghilangan katalis yang tersabunkan sangat sulit dan memberikan biaya tambahan yang besar dalam produksi biodiesel. |
|------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

..... lanjutan tabel 1.10.

| Parameter yang ditinjau | Proses Produksi Biodiesel                            |                                                     |                                        |
|-------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------|
|                         | <i>Homogeneous Acid-Catalyst Transesterification</i> | <i>Heterogen Solid-Catalyst Transesterification</i> | <i>Mechanical Stirring Method</i>      |
|                         | <i>n</i>                                             | <i>n</i>                                            | Transesterifikasi Dengan Katalis Enzim |
| Bahan Baku              | Asam lemak & trigliserida                            | Asam lemak & trigliserida                           | Asam lemak & trigliserida              |
| Katalis                 | HCL/H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                   | <i>Metal oxide, Zeolit dll</i>                      | <i>Enzim Lipase</i>                    |
| Temperatur              | 60 – 65 °C                                           | 60 – 65 °C                                          | 60-65 °C                               |
| Tekanan                 | 1 atm                                                | 1 atm                                               | 1 atm                                  |
| Konversi                | 90%                                                  | 96%                                                 | 90 – 95%                               |

|            |                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                        |                                                                                                                        |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Produk     | Metil ester / Biodiesel                                                                                                                                                                              | Metil ester / Biodiesel                                                                                | Metil ester / Biodiesel                                                                                                |
| Kelebihan  | pembentukan produk (metil ester menunjukkan kenaikan yang signifikan                                                                                                                                 | luas permukaan yang besar.                                                                             | Satu satunya yang menggunakan enzim                                                                                    |
| Kekurangan | dibutuhkan suhu yang lebih tinggi dan reaksi yang lebih lama dan bisa menyebabkan korosi pada peralatan, untuk meningkatkan konversi dari trigliserida dibutuhkan jumlah metanol berlebih yang besar | konsumsi energi yang besar, biaya pemisahan katalis dari campuran reaksi dan pemurnian biodiesel mahal | proses katalisis dengan enzim adalah mahal harganya lipase. ketidakaktifan enzim yang menyebabkan penurunan hasil FAME |

..... lanjutan tabel 1.10.

|                         |                                      |                                     |                          |                                                     |
|-------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------|
| Parameter yang ditinjau | Proses Produksi Biodiesel            |                                     |                          |                                                     |
|                         | <i>Ultrasonic Irradiation Method</i> | <i>Supercritical Alcohol Method</i> | <i>Co-Solvent Method</i> | <i>Continuous Method Using a Gas-Liquid Reactor</i> |

|            |                                                                                        |                                                                                                                                       |                                                 |                                                      |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Bahan Baku | Minyak nabati                                                                          | Asam lemak & trigliserida                                                                                                             | <i>soybean oil</i> dan <i>coconut oil</i>       | Anatomi minyak/ lemak                                |
| Katalis    | KOH /H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /CaO                                               | <i>Free Catalyst</i>                                                                                                                  | NaOH / KOH dengan <i>Co-Solvent</i> THF         | MnO dan TiO                                          |
| Temperatur | 60-65 oC                                                                               | 300 – 400 °C                                                                                                                          | 60 °C                                           | 100 – 120°C                                          |
| Tekanan    | 1 atm                                                                                  | 80 atm                                                                                                                                | 1 atm                                           | 8,3 – 9 Mpa                                          |
| Konversi   | 98%                                                                                    | -                                                                                                                                     | 85 – 96%                                        | 94 – 96%                                             |
| Produk     | FAME /biodiesel                                                                        | FAME/ biodiesel                                                                                                                       | FAME/ biodiesel                                 | FAME/ biodiesel                                      |
| Kelebihan  | Hasil FAME yang diperoleh lebih dari 98% dan dapat di operasikan pada suhu lingkungan. | Proses ini ramah lingkungan, membutuhkan waktu reaksi yang singkat, Adanya FFA ataupun air tidak mempengaruhi reaksi pada metode ini. | methanol dan THF bisa didistilasi dan direcycle | Tingginya kecepatan reaksi                           |
| Kekurangan | sangat sulit untuk dilakukan scale up sampai                                           | tekanan dan suhu tinggi dan juga rasio molar methanol                                                                                 | hasil produk yang rendah, proses                | Proses ini memerlukan kelebihan methanol yang besar, |



|  |                                                                                                                                             |                                                                            |                                                                          |                                                   |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
|  | ratusan atau ribuan liter karena metanol dan gliserol terpisah dari ampuran reaksi dan membuat campuran tidak seragam pada tangki sirkulasi | dengan minyak tinggi (biasanya 42:1) yang membuat biaya produksinya mahal. | canggih, konsumsi energi yang tinggi, biaya tinggi dan bahaya lingkungan | proses pemisahan dan kebutuhan energy yang mahal. |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|

Seleksi proses pembuatan biodiesel dari *Palm Fatty Acid Distillate* didasari dari kandungan yang terdapat kandungan terbesar dari *Free Fatty Acid* 93% dan sisanya yaitu bahan bioaktif seperti vitamin E, *phytosterol* dan *squalene*. Dengan kandungan FFA yang cukup tinggi maka dibutuhkan proses esterifikasi. Kandungan FFA yang tinggi dapat menyebabkan proses penyabunan yang menyebabkan penurunan *yield* biodiesel dan pemisahan antara produk yang katalis dan kandungan lainnya akan sulit. Oleh karena itu dipilih proses reaksi esterifikasi untuk mengonversi asam lemak menjadi biodiesel dengan bantuan katalis asam kuat yaitu  $H_2SO_4$ . Pemilihan katalis asam kuat ini juga bermanfaat agar tidak terjadi proses penyabunan. Proses yang digunakan dalam pra rancangan pabrik biodiesel ada dua yaitu: Reaksi esterifikasi asam lemak bebas dengan katalis asam kuat  $H_2SO_4$ .

**BAB II**  
**PERANCANGAN PABRIK**

**2.1.SPESIFIKASI BAHAN BAKU**

**2.1.1. Palm Fatty Acid Distillate**

**Tabel 2.1. Palm Fatty Acid Distillate**

|                 |                                                           |
|-----------------|-----------------------------------------------------------|
| Fase            | Cair                                                      |
| Rumus molekul   | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>16</sub> COOH     |
| Berat molekul   | 284,35 g/mol                                              |
| Kelarutan       | -                                                         |
| Titik didih     | 280°C                                                     |
| Densitas        | 0,89 kg/l                                                 |
| Viskositas      | 17 CP                                                     |
| Kapasitas panas | $99,012 + 3,58741+00 T +(-7,2484E-03)T^2 + 5,9035E-06T^3$ |
| Titik lebur     | 48°C                                                      |
| Kadar air       | 0,08%                                                     |

**2.2.SPESIFIKASI BAHAN PENDUKUNG**

**2.2.1. Methanol**

**Tabel 2.2. Methanol**

|                    |                            |
|--------------------|----------------------------|
| Fase               | Cair (T=30°C, P = 1 atm)   |
| Rumus molekul      | CH <sub>3</sub> OH         |
| Berat molekul      | 32,041 Kg/Kmol             |
| Komposisi          | 99 % methanol, 1% air      |
| Titik didih        | 64,7 °C                    |
| Titik leleh        | -98 °C                     |
| Viskositas         | 0,5060 cP                  |
| <i>Flash point</i> | 11 °C                      |
| Densitas           | 782,8067 Kg/m <sup>3</sup> |

|                    |                 |
|--------------------|-----------------|
| Kelarutan          | Larut dalam air |
| Temperature kritis | 514,58 K        |

### 2.2.2. Asam Sulfat

**Tabel 2.3.** Asam Sulfat

|                                            |                                             |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Fase                                       | Cair (T= 30 °C, P= 1 atm)                   |
| Rumus kimia                                | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>              |
| Berat molekul                              | 98,0819 Kg/Kmol                             |
| Komposisi                                  | 98% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , 2% air |
| Titik didih                                | 290 °C                                      |
| Titik leleh                                | -38 °C                                      |
| Viskositas                                 | 19,9712 kg/m <sup>3</sup> ;8,4 Cp           |
| Densitas                                   | 1826, 9712 kg/m <sup>3</sup>                |
| Kelarutan                                  | Larut dalam air                             |
| Warna                                      | Tidak berwarna                              |
| <i>Specific gravity</i> pada air (15,5 °C) | 1,839                                       |
| Panas pembentukan                          | -199,91 kcal/gmol                           |

- Memiliki sifat sangat korosif, dapat bercampur dengan air
- Dapat bereaksi dengan semua jenis logam dan dapat memperbesar hydrogen kecuali, Al, Cr, Bi dimana dalam keadaan biasa tidak dapat beraksi.



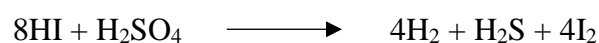
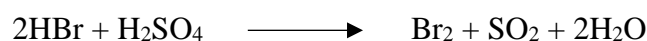
- Dapat mengoksidasi beberapa unsur nonmetal seperti karbon dan sulfur.

- Reaksi :



- Dengan asam hidrobromine dan hidriodine akan menghasilkan bromine iodine.

- Reaksi :



Sumber : Krik R.E, Othmer D.F., "Encyclopedia of Chemical Technology,  
 " 3 rd, Vol.22, Mei Ya Publications, Inc. Taipe, pp. 191-198, 1945

### 2.2.3 Sodium Hydroxide (NaOH )

**Tabel. 2.4.** *sodium hydroxide*

|                  |                        |
|------------------|------------------------|
| Fase             | Padat                  |
| Rumus kimia      | NaOH                   |
| Berat molekul    | 40 g/mol               |
| Densitas (20 °C) | 2,13 g/cm <sup>3</sup> |
| Titik lebur      | 323 °C                 |
| Titik didih      | 1390 °C                |
| Kelarutan (20°C) | 1090 °C                |
| Viskositas       | 78 Pa.s                |

### 2.2.4 air

**Tabel 2.5.** Air

|               |                                          |
|---------------|------------------------------------------|
| Fase          | Cair ( T= 30°C, P = 1 atm )              |
| Rumus kimia   | H <sub>2</sub> O                         |
| Berat molekul | 18,0149 Kg/Kmol                          |
| Komposisi     | 100% air                                 |
| Titik didih   | 100 °C                                   |
| Titik beku    | 0°C                                      |
| Viskositas    | 0,89 m Pa.s (liquid) : 9,35 M Pa.s (gas) |
| Densitas      | 1023,0130 Kg/m <sup>3</sup>              |

## 2.3.SPESIFIKASI PRODUK

### 2.3.1. Biodiesel

**Tabel 2.6.** Biodiesel

|               |                                                                    |
|---------------|--------------------------------------------------------------------|
| Fase          | Cair                                                               |
| Rumus molekul | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>16</sub> COOH <sub>3</sub> |

|                                      |                          |
|--------------------------------------|--------------------------|
| Berat molekul                        | 298,35 kg/mol            |
| Densitas 15°C                        | 879 kg/m <sup>3</sup>    |
| Viskositas 40°C                      | 99,88 mm <sup>2</sup> /s |
| Kemurnian                            | 99,88 %                  |
| Titik didih                          | 285 °C                   |
| Titik nyala ( <i>flash point</i> )   | 180 °C                   |
| Titik tuang ( <i>pour point</i> )    | 14 °C                    |
| Kadar air                            | 0,03 %                   |
| Kandungan abu ( <i>ash content</i> ) | 0,007 %                  |
| Residu karbon                        | 0,07 %                   |
| Nilai asam                           | 0,33 mg KOH/g            |

## 2.4. Pengendalian Kualitas

### 2.4.1. Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Untuk menarik konsumen terhadap produk yang dihasilkan maka, sebelum menjalankan proses produksi, diperlukan proses pengujian terhadap kualitas bahan baku yang akan digunakan, Pengujian ini bertujuan agar bahan baku yang dipakai tidak ada kerusakan pada saat produksi yang akan mempengaruhi kualitas produk yang di dapatkan, dan juga sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Metode yang digunakan untuk evaluasi mirip dengan standart amerika, yaitu dengan metode ASTM 1972. Berikut ini adalah parameter yang akan diukur :

- a. Kemurnian dari bahan baku *Palm Fatty Acid Distillate*, asam sulfat, Metanol.
- b. Kandungan di dalam *Palm Fatty Acid Distillate*, asam sulfat, Metanol .
- c. Kadar air
- d. Zat pengotor
- e. Densitas
- f. Viskositas dsb.

#### **2.4.2. Pengendalian Kualitas Produk**

Untuk menjaga kualitas produk yang dihasilkan dari proses produksi maka perlu dilakukan pengendalian kualitas pada produk agar tetap menjaga kualitas produk yang dihasilkan supaya tetap sesuai dengan standar dipasaran. Untuk menghasilkan produk yang berkualitas sesuai dengan standar, maka diperlukan bahan baku yang berkualitas yang sudah lulus uji dan pengawasan dalam segi pengendalian yang baik terhadap proses yang dilakukan produk yang dihasilkan berkualitas dan dapat dipasarkan. Aspek yang diperhatikan untuk pengendalian kualitas adalah pengawasan mutu bahan baku yang digunakan, bahan pendukung, produk samping, produk setengah jadi maupun produk akhir. Semua pengawasan mutu tersebut bisa dilakukan analisa di laboratorium maupun menggunakan alat kontrol.

#### **2.4.3. Pengendalian Proses**

Proses pengendalian dan pengawasan jalannya operasi bisa menggunakan dengan alat pengendalian yang berpusat berada didalam *control room*, dan juga menggunakan dengan cara *automatic control* yang bekerja berdasarkan dengan indikator yang sudah ada di alat, Apabila terjadi kesalahan pada indikator dari yang sudah ditetapkan oleh alat indicator atau pada alat yang sudah di *sett* baik *flow rate* bahan baku dan produk, *level control*, maupun *temperature control*, untuk dapat mengetahui hal tersebut maka lampu akan menyala dan alarm yang akan berbunyi yang berarti memberikan tanda bahwa ada kesalahan yang terjadi. Bila terjadi kesalahan yang menyimpang maka *settingan* harus dikembalikan pada kondisi semula baik secara manual ataupun secara otomatis untuk mengembalikan pada kondisi yang diinginkan.

Berikut ini adalah beberapa alat kontrol yang digunakan untuk berjalannya produksi yaitu kontrol terhadap kondisi operasi baik tekanan maupun temperatur. Alat kontrol yang harus di *setting* pada kondisi tertentu adalah sebagai berikut :

- *Level control*

*Level control* adalah alat yang dipasang pada bagian atas tangki memiliki fungsi untuk mengukur *level* ketinggian dari cairan yang biasanya terpasang dibagian atas wadah atau tangki. Jika ketinggian cairan belum sesuai dengan kondisi yang telah ditetapkan, maka akan mengeluarkan suara ataupun lampu yang menyala dengan tujuan menandakan sebuah isyarat.

- *Flow rate*

*Flow rate* merupakan alat yang terpasang pada bagian aliran bahan baku, pada aliran masuk maupun aliran keluar nay proses. Fungsi alat ini adalah untuk mengatur debit aliran yang masuk dan aliran yang keluar pada proses. Untuk mengetahui bahwa debit aliran yang melaju tidak sesuai dengan ukuran yang sudah ditetapkan maka akan keluar bunyi dan nyala lampu yang menandakan sebuah isyarat.

- *Temperature control*

Merupakan alat yang memiliki fungsi untuk mengukur suhu pada aliran atau suatu alat. Alat ini biasanya terpasang didalam setiap alat peoses. Sama seperti *level control* dan *temperature control*, apabila suhu tidak sesuai dengan kondisi yang telah ditetapkan maka akan mengeluarkan isyarat sebuah bunyi dan lampu.

Jika terjadi kesalahan atau penyimpangan yang terjadi maka hal tersebut harus segera diidentifikasi untuk mengetahui apa faktor penyebabnya dan juga harus dilakukan sebuah evaluasi. Sehingga bisa melakukan rencana kembali sesuai dengan kondisi yang ada agak menjadi lebih baik. Apabila pengendalian proses dilakukan dengan memperhatikan kualitas maka produk yang dihasilkan akan memenuhi standar biodiesel

yang ada. Maka dari itu pengendalian mutu juga harus diperhatikan dengan memperhatikan apakah bahan baku yang dipakai dan produk yang nantinya akan dipasarkan sudah sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan. Setelah semua perencanaan produksi sudah disusun dan proses produksi mulai dijalankan maka harus adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses tersebut bisa berjalan dengan baik sesuai dengan rencana.

Kegiatan proses produksi diharapkan dapat menghasilkan produk yang bisa dipasarkan sesuai dengan standar mutu yang sudah ditentukan jumlah produksi tidak menyimpang dari yang sudah direncanakan dan juga waktunya tepat sesuai dengan yang dijadwalkan.

Penyebab terjadinya penyimpangan kualitas, biasanya dipengaruhi oleh bahan baku yang tidak baik, kesalahan saat proses operasi dan juga kerusakan yang terjadi pada alat. Penyimpangan kualitas dapat diketahui dengan cepat melalui hasil monitor alat dan juga dengan melakukan analisa pada bagian laboratorium pemeriksaan. Berikut ini adalah pengendalian kualitas (*quality control*) pada pabrik biodiesel meliputi :

a. Pengendalian kualitas bahan baku

Pengendalian kualitas bahan baku adalah untuk mengetahui kualitas bahan baku yang akan digunakan. Dengan melihat sejauh mana kualitas bahan baku untuk digunakan pada proses produksi, apakah bahan baku tersebut sudah layak dan sesuai untuk digunakan atau tidak. apabila setelah dilakukan Analisa, hasil pengukurannya tidak layak untuk digunakan, maka bahan baku tersebut akan dikembalikan ke *supplier* jika setelah dilakukan beberapa *treatment* tidak ada perbaikan.

b. Pengendalian kualitas bahan pembantu

Maksud dari bahan pembantu adalah bahan yang dipakai untuk tujuan membantu berjalannya proses produksi pabrik pembuatan biodiesel. Contoh bahan pembantu tersebut berupa katalis. Bahan pembantu yang digunakan harus dianalisis terlebih dahulu untuk mengetahui sifat-sifat fisis



bahan tersebut, apakah sifat fisis nya sudah sesuai dengan spesifikasi yang digunakan untuk membantu kelancaran proses produksi.

c. Pengendalian kualitas produk

Pada pengendalian kualitas produk ini yang digunakan adalah hasil produksi yaitu biodiesel.

d. Pengendalian kualitas produk pada waktu pemindahan (dari satu tempat ke tempat lainnya)

Maksud dari pengendalian kualitas ini adalah pengawasan hasil produksi, yaitu biodiesel saat akan dipindahkan dari tangka penyimpanan sementara (*dry tank*) kedalam tangka penyimpanan tetap (*storage tank*), atau dari *storage tank* dipindahkan ke mobil truk dan kapal.

#### 2.4.4. Pengendalian Kuantitas

Terjadinya penyimpangan kualitas dapat disebabkan karena kesalahan operator, kerusakan pada mesin, keterlambatan penyediaan bahan baku, perbaikan alat yang cukup lama, dan sebagainya. Harus dilakukan identifikasi jika terjadi penyimpangan untuk mengetahui penyebabnya, dan juga untuk menjadi evaluasi. Untuk produksi selanjutnya dilakukan perencanaan kembali sesuai dengan kondisi yang ada.

#### 2.4.5. Pengendalian Waktu

Agar kuantitas produk tercapai sesuai dengan yang diinginkan, harus dilakukan pengendalian waktu yang tepat dan sesuai dengan *standart operational product* (SOP) yang ada.

## **BAB III**

### **PERANCANGAN PROSES**

#### **3.1. Uraian Proses**

Proses produksi biodiesel menggunakan bahan baku dari *Palm Fatty Acid Distillate* yang direaksikan dengan methanol(*alcohol*) dan bantuan katalis asam kuat yaitu asam sulfat  $H_2SO_4$  untuk mempercepat reaksi. Reaksi yang digunakan pada proses produksi biodiesel ini adalah esetrifikasi. Reaksi ini berlangsung pada suhu  $60^{\circ}C$  dengan tekanan 1 atm secara *continue*. Berikut ini adalah proses pembuatan biodiesel dibagi menjadi 3 langkah yaitu:

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap proses (reaksi esterifikasi)
3. Tahap pemurnian (purifikasi)

#### **3.2. Pemilihan Masing-masing Parameter**

1. Alasan memilih katalis asam kuat pada reaktor:
  - Mencengah terjadinya penyabunan yang diakibatkan karena kandungan FA pada bahan baku yang digunakan terlalu tinggi.
  - *Yield* yang dimiliki tinggi
  - Katalis asam kuat yang digunakan adalah asam sulfat
2. Alasan memilih katalis basa pada *reactor neutralizer*:
  - Menetralkan kandungan asam sulfat agar, karena katalis asam dapat menyebabkan korosi pada alat.
  - Dapat dioperasikan pada kondisi suhu  $60-80^{\circ}C$  dengan tekanan 1 atm.
  - Waktu reaksi yang digunakan lebih cepat yaitu 20 menit, jika dibandingkan dengan menggunakan katalis asam.
  - Harganya yang lebih ekonomis

### 3.3.Tahapan Proses

#### 3.3.1. Persiapan Bahan Baku

PFAD dari tangka penyimpanan bahan baku (T-01) dipanaskan terlebih dahulu menggunakan *heater* (HE-01) sampai suhu mencapai 60°C lalu diumpankan kedalam reaktor esterifikasi (RE-01). Tangki penyimpanan (T-02) digunakan untuk menyimpan bahan baku methanol disimpan pada temperatur 30°C, sebelum dialirkan kedalam reaktor berpengaduk/RATB (R-01) esterifikasi, methanol akan dipanaskan suhunya agar naik menjadi 60°C menggunakan *heater* (HE-02). Untuk membantu reaksi tersebut dapat berjalan dengan baik, maka diperlukan asam kuat pekat, yaitu asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 5 % berat karena mungkin membutuhkan energi konsumsi paling rendah . Didalam reaktor PFAD dan methanol akan bereaksi dengan bantuan katalis, katalis sendiri berfungsi untuk menurunkan kadar FFA pada PFAD sehingga tidak menimbulkan penyabunan pada produk.

### 3.4.Tahan Reaksi

#### 3.4.1. Reaksi Esterifikasi

Bahan baku *Palm Fatty Acid Distillate* yang memiliki kandungan asam lemak bebas yang cukup tinggi akan bereaksi dengan methanol dan katalis katalis yang digunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Reaksi tersebut terjadi pada reactor berpengaduk (RATB) dengan koil pendingin, koil pendingin ini sendiri berfungsi agar suhu didalam reaktor tetap terjaga. parameter operasi reaksi yang ditetapkan yaitu dengan rasio molar 9:1 metanol terhadap PFAD, dan rasio molar 0,05:1 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> terhadap PFAD, suhu reaksi yang digunakan yaitu 60°C di bawah suhu tekanan sendiri (sekitar 133 kPa) untuk waktu tinggal 120 menit. Hal tersebut bertujuan untuk mengurangi kandungan FFA dalam bahan baku PFAD.

Reaktor berpengaduk yang digunakan dalam reaksi ini adalah 2 reaktor yang dipasang seri dengan tipe reaktor adiabatik dan tidak ada tambahan pemanas dan pendingin, dengan mempertimbangkan

tambahan harga yang akan dikeluarkan. Hasil produk keluaran dari reaktor (R-01) diumpankan ke alat netralizer dengan bantuan katalis 10,24 g larutan NaOH/100 g fase FAME yang sudah di *mixer* (M-01) terlebih dahulu pada suhu 30°C.

Larutan NaOH ini berfungsi untuk menetralkan larutan asam kuat yang terkandung dalam katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sisa dari proses yang terjadi di reaktor, dan dikhawatirkan dapat mempengaruhi penghambatan proses reaksi selanjutnya dapat menyebabkan korosi pada alat proses. Garam yang terbentuk dalam proses netralizer memiliki kandungan yang sedikit sehingga tidak perlu untuk dipisahkan karena tidak akan mengganggu perjalannya pada proses selanjutnya. Dari alat netralizer kemudian diumpankan ke *washing tank* (WT-01).

#### 3.4.2. Proses Pemurnian

Produk dari hasil proses *neutralizer* (N-01) kemudian akan diumpankan ke alat *washing tank* (WT-01). Fungsi dari *washing tank* (WT-01) untuk mencuci produk biodiesel, caranya yaitu, FFA, dan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> akan dilarutkan pada proses ini. Kemudian produk keluaran dari *washing tank* (WT-01) akan dialirkan kedalam separator untuk dipisahkan produk biodiesel dari produk sampingnya. Didalam separator (SE-01) pemisahan dilakukan berdasarkan densitas dan kelarutan yang terkandung dalam komponen yang menyebabkan fenomena terbentuknya 2 lapisan didalam separator. Lapisan atas (*Light Stream*) adalah larutan yang memiliki densitas yang paling ringan dan pada lapisan bawah (*Heavy Stream*) memiliki densitas yang lebih berat sehingga mengendap pada bagian bawah. Pada lapisan atas yaitu menghasilkan produk biodiesel dan pada lapisan bawah adalah hasil produk samping dan methanol sisa.

Produk biodiesel dialirkan kedalam tangki biodiesel (T-0) dan untuk produk samping dan methanol dialirkan kedalam evaporator (EV-01). Alat evaporator mampu menguapkan produk 50-70% kemudian

keluaran dari atas evaporator di umpankan ke alat kondensor untuk mengubah fasa gas mencari fasa cair yaitu berupa methanol . Karena methanol yang digunakan banyak, maka sisa methanol yang dihasilkan juga banyak, maka dari itu dilakukan proses pengumpulan methanol yang nanti nya akan dipakai kembali sebagai bahan baku proses produksi dengan cara *recycle*.

### 3.5. Spesifikasi Alat

Pada pabrik biodiesel harus memperhatikan spesifikasi alat dengan mempertimbangkan optimasi dan efisiensi proses produksi. Spesifikasi alat yang digunakan dalam proses produksi biodiesel dari *Palm Fatty Acid Distillate* dengan kapasitas 130.000 ton/tahun adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.1.** Reaktor-01 dan Reaktor-02

| Nama Alat          | Reaktor                                                                                   | Reaktor                                                                                   |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fungsi             | Mengkonversikan FA menjadi biodiesel dengan mencampurkan methanol.                        | Mengkonversikan FA menjadi biodiesel dengan mencampurkan methanol.                        |
| Jenis              | Reaktor Tangki Air Berpengaduk (RATB) silinder tegak <i>head and bottom torispherical</i> | Reaktor Tangki Air Berpengaduk (RATB) silinder tegak <i>head and bottom torispherical</i> |
| Bahan              | <i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>                                                        | <i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>                                                        |
| Tekanan            | 1 atm                                                                                     | 1 atm                                                                                     |
| <i>Temperatur</i>  | 60 °C                                                                                     | 60 °C                                                                                     |
| Kode Alat          | RE-01                                                                                     | RE-02                                                                                     |
| Diameter Reaktor : |                                                                                           |                                                                                           |
| Volume Reaktor     | 41,4566 m <sup>3</sup>                                                                    | 41,0580 m <sup>3</sup>                                                                    |
| Tinggi Shell       | 3,9896 m                                                                                  | 3,9741 m                                                                                  |
| Tebal Shell        | 0,2943 in                                                                                 | 0,2940 in                                                                                 |

|                                    |                                 |                                 |
|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Tinggi Cairan Di Shell             | 2,9008 m                        | 2,8906 m                        |
| Tinggi Total Reaktor               | 6,1592 m                        | 6,1412 m                        |
| Tebal Head                         | 0,4329 In                       | 0,4334 in                       |
| Tinggi Head                        | 1,0861 m                        | 1,0835 m                        |
| Pengaduk                           |                                 |                                 |
| Jenis Pengaduk                     | <i>Turbin with 6 flat blade</i> | <i>Turbin with 6 flat blade</i> |
| Jumlah Pengaduk                    | 1 Buah                          | 1 Buah                          |
| Jumlah Baffle                      | 4 Buah                          | 4 Buah                          |
| Diameter Pengaduk                  | 1,7209 m                        | 1,7230 m                        |
| Tinggi Pengaduk Dari Dasar Tanfki  | 1,7209 m                        | 1,7230 m                        |
| Lebar Baffle                       | 0,2925 m                        | 0,2929 m                        |
| Tebal Baffle                       | 0,3442 m                        | 0,3446 m                        |
| Diameter Batang Penyangga          | 1,1486 m                        | 1,1486 m                        |
| Jarak Baffle Dari Dasar Reaktor    | 0,8615 m                        | 0,8615 m                        |
| Jarak Baffle Dari Permukaan Cairan | 0,0488 m                        | 0,0488 m                        |
| Panjang Baffle                     | 1,9916 m                        | 1,9803 m                        |
| Kec. Putaran Pengaduk              | 37 Rpm                          | 37 Rpm                          |
| <i>Power Motor</i>                 | 25 Hp                           | 25 Hp                           |
| Pendingin                          |                                 |                                 |
| Jenis                              | Koil                            | Koil                            |
| Panjang Koil                       | 23,2456 m                       | 264,7405 m                      |
| Tinggi Tumpukan Koil               | 1,5240 m                        | 6,0960 m                        |
| Jumlah Lilitan                     | 2 Buah                          | 7 Buah                          |

**Tabel 3.2.** Reaktor-03 da Reaktor-04

| Nama Alat                         | Reaktor                                                                                   | Reaktor                                                                                   |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fungsi                            | Mengkonversikan FA menjadi biodiesel dengan mencampurkan methanol.                        | Mengkonversikan FA menjadi biodiesel dengan mencampurkan methanol.                        |
| Jenis                             | Reaktor Tangki Air Berpengaduk (RATB) silinder tegak <i>head and bottom torispherical</i> | Reaktor Tangki Air Berpengaduk (RATB) silinder tegak <i>head and bottom torispherical</i> |
| Bahan                             | <i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>                                                        | <i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>                                                        |
| Tekanan                           | 1 atm                                                                                     | 1 atm                                                                                     |
| <i>Temperature</i>                | 60 °C                                                                                     | 60 °C                                                                                     |
| Kode Alat                         | RE-03                                                                                     | RE-04                                                                                     |
| Diameter Reaktor :                |                                                                                           |                                                                                           |
| Volume Reaktor                    | 41,0006 m <sup>3</sup>                                                                    | 40,9957 m <sup>3</sup>                                                                    |
| Tinggi Shell                      | 3,9723 m                                                                                  | 3,9721 m                                                                                  |
| Tebal Shell                       | 0.2940 in                                                                                 | 0.2940 in                                                                                 |
| Tebal Head                        | 0.4543 in                                                                                 | 0.4543 in                                                                                 |
| Tinggi Head                       | 1.0835 m                                                                                  | 1,0835 m                                                                                  |
| Tinggi Cairan Di Shell            | 2,8887 m                                                                                  | 3.9210 m                                                                                  |
| Tinggi Total Reaktor              | 6,1394 m                                                                                  | 6,1392 m                                                                                  |
| Pengaduk                          |                                                                                           |                                                                                           |
| Jenis Pengaduk                    | <i>Turbin with 6 flat blade</i>                                                           | <i>Turbin with 6 flat blade</i>                                                           |
| Jumlah Pengaduk                   | 1 Buah                                                                                    | 1 buah                                                                                    |
| Diameter Pengaduk                 | 1,7230 m                                                                                  | 1,7230 m                                                                                  |
| Tinggi Pengaduk Dari Dasar Tangki | 1,7230 m                                                                                  | 1,7230 m                                                                                  |
| Lebar Baffle                      | 0,2929 m                                                                                  | 0,2929 m                                                                                  |

|                                    |            |            |
|------------------------------------|------------|------------|
| Tebal Baffle                       | 0,3446 m   | 0,3446 m   |
| Diameter Batang Penyangga          | 1,1486 m   | 1,1486 m   |
| Jarak Baffle Dari Dasar Reaktor    | 0,8615 m   | 0,8615 m   |
| Jarak Baffle Dari Permukaan Cairan | 0,0488 m   | 0,0488 m   |
| Jumlah Baffle                      | 4 Buah     | 4 Buah     |
| Panjang Baffle                     | 1,9784 m   | 1,9783 m   |
| Kec. Putaran Pengaduk              | 37 Rpm     | 37 Rpm     |
| <i>Power Motor</i>                 | 25 Hp      | 25 Hp      |
| Pendingin                          |            |            |
| Jenis                              | Koil       | Koil       |
| Panjang Koil                       | 257,3534 m | 257,1441 m |
| Tinggi Tumpukan Koil               | 6,0960 m   | 6,0960 m   |
| Jumlah Lilitan                     | 7 Buah     | 7 Buah     |

**Tabel 3.3. Mixer**

|                    |                                                 |
|--------------------|-------------------------------------------------|
| Nama Alat          | <i>Mixer</i>                                    |
| Fungsi             | Mencampur NaOH 99% dengan air                   |
| Jenis              | Tangki Silinder Tegak Berpengaduk               |
| Bahan              | <i>Stainless steel SA 167 type II grade 316</i> |
| Tekanan            | 1 atm                                           |
| <i>Temperature</i> | 30 °C                                           |
| Kode Alat          | M-01                                            |
| Diameter Mixer :   |                                                 |
| Volume Mixer       | 0,4007 m <sup>3</sup>                           |



|                                    |                                                |
|------------------------------------|------------------------------------------------|
| Tebal Shell (Ts)                   | 3/16 In                                        |
| Tinggi Cairan Di Shell             | 0,3819 m                                       |
| Tinggi Total Mixer                 | 0,7741 m                                       |
| Tebal Head                         | 3/16 In                                        |
| Tinggi Head                        | 0,0988 m                                       |
| Jenis Head                         | <i>Flanged and Dished Head (Torispherical)</i> |
| Pengaduk                           |                                                |
| Jenis Pengaduk                     | <i>Turbin with 6 flat blade</i>                |
| Lebar Baffle                       | 0,0167 m                                       |
| Jumlah Baffle                      | 4 Buah                                         |
| Diameter Pengaduk                  | 0,0984 m                                       |
| Jumlah Pengaduk                    | 1 Buah                                         |
| Tebal Baffle                       | 0,0197 m                                       |
| Diameter Batang Penyangga          | 0,0657 m                                       |
| Jarak Baffle Dari Dasar Reaktor    | 0,0492 m                                       |
| Jarak Baffle Dari Permukaan Cairan | 0,0028 m                                       |
| Panjang Baffle                     | 0,3299 m                                       |
| Kec. Putaran Pengaduk              | 100 rpm                                        |
| <i>Power Motor</i>                 | 0,0166 Hp                                      |

**Tabel 3.4. Netralizer**

|                    |                                                                                                                     |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nama alat          | <i>Netralizer</i>                                                                                                   |
| Fungsi             | Proses penetralan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> keluaran Reaktor-04 dengan cara penggambaran NaOH keluran Mixer-01 |
| Jenis              | Reaktor Tangki Air Berpengaduk (RATB)                                                                               |
| Bahan              | <i>Stainless Stell SA-316</i>                                                                                       |
| Tekanan            | 1 atm                                                                                                               |
| <i>Temperature</i> | 60 °C                                                                                                               |

|                                    |                                 |
|------------------------------------|---------------------------------|
| Kode Alat                          | NE-01                           |
| Dimensi Netralizer                 |                                 |
| Volume Netralizer                  | 20,5193 m <sup>3</sup>          |
| Tinggi Shell                       | 3,1538 m                        |
| Tebal Shell                        | 0,2542 in                       |
| Tebal Head                         | 0,4347 in                       |
| Tinggi Head                        | 0,5508 m                        |
| Tinggi Cairan Di Shell             | 2,6030 m                        |
| Tinggi Total Netralizer            | 4,2554 m                        |
| Pengaduk                           |                                 |
| Jenis Pengaduk                     | <i>Turbin with 6 flat blade</i> |
| Jumlah Pengaduk                    | 1 Buah                          |
| Diameter Pengaduk                  | 1,0626 m                        |
| Tinggi Pengaduk Dari Dasar Tangki  | 1,0626 m                        |
| Lebar Baffle                       | 0,1806 m                        |
| Tebal Baffle                       | 0,2125 m                        |
| Diameter Batang Penyangga          | 0,7084 m                        |
| Jarak Baffle Dari Dasar Netralizer | 0,5313 m                        |
| Jarak Baffle Dari Permukaan Cairan | 0,0301 m                        |
| Jumlah Baffle                      | 4 Buah                          |
| Panjang Baffle                     | 2,0416 m                        |
| Kec. Putaran Pengaduk              | 68 Rpm                          |
| <i>Power Motor</i>                 | 15 Hp                           |
| Pendingin                          |                                 |
| Jenis                              | Jaket                           |
| Tinggi Jaket                       | 2,8538 m                        |
| Tebal Jaket                        | 0,5000 in                       |
| Diameter Jaket                     | 3,4974 m                        |

**Tabel 3.5. Washing Tank**

|                                    |                                                                                                             |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nama Alat                          | <i>Washing Tank</i>                                                                                         |
| Fungsi                             | Mencuci kotoran yang terdapat dalam produk biodiesel ( <i>crude oil</i> ) dari keluaran <i>Netralizer 1</i> |
| Jenis                              | Tangki Silinder Tegak Berpengaduk                                                                           |
| Bahan                              | <i>Carboon Steel SA-283 Grade C</i>                                                                         |
| Tekanan                            | 1 atm                                                                                                       |
| <i>Temperature</i>                 | 58 °C                                                                                                       |
| Kode Alat                          | WT-01                                                                                                       |
| Dimensi Washing Tank               |                                                                                                             |
| Volume Washing Tank                | 19,4386 m <sup>3</sup>                                                                                      |
| Tinggi Shell                       | 3,0974 m                                                                                                    |
| Tebal Shell                        | 0,2530 in                                                                                                   |
| Tebal Head                         | 0,3442 in                                                                                                   |
| Tinggi Head                        | 0,6258 m                                                                                                    |
| Tinggi Cairan Di Shell             | 2,4716 m                                                                                                    |
| Tinggi Total Washing Tank          | 4,3490 m                                                                                                    |
| Pengaduk                           |                                                                                                             |
| Jenis pengaduk                     | <i>Turbin with 6 flat blade</i>                                                                             |
| Jumlah pengaduk                    | 1 Buah                                                                                                      |
| Diameter Pengaduk                  | 1,0626 m                                                                                                    |
| Tinggi Pengaduk Dari Dasar Tangki  | 1,0626 m                                                                                                    |
| Lebar Baffle                       | 0,1806 m                                                                                                    |
| Tebal Baffle                       | 0,2125 m                                                                                                    |
| Diameter Batang Penyangga          | 0,7084 m                                                                                                    |
| Jarak Baffle Dari Dasar Netralizer | 0,5313 m                                                                                                    |
| Jarak Baffle Dari Permukaan Cairan | 0,0301 m                                                                                                    |
| Jumlah Baffle                      | 4 Buah                                                                                                      |
| Panjang Baffle                     | 1,9102 m                                                                                                    |
| Kec. Putaran Pengaduk              | 68 Rpm                                                                                                      |

|                    |       |
|--------------------|-------|
| <i>Power Motor</i> | 15 Hp |
|--------------------|-------|

**Tabel 3.6. Separator**

|                            |                                               |
|----------------------------|-----------------------------------------------|
| Nama Alat                  | <i>Separator</i>                              |
| Fungsi                     | Proses pemisahan biodiesel dengan produk sisa |
| Jenis                      | <i>Vertical Separator</i>                     |
| Bahan                      | <i>Carboon Steel SA-283 Grade C</i>           |
| Tekanan                    | 1 atm                                         |
| <i>Temperature</i>         | 58 °C                                         |
| Kode Alat                  | SE-01                                         |
| Dimensi Separator          |                                               |
| Diameter Shell             | 1.5128 m                                      |
| Tinggi Shell               | 4,5384 m                                      |
| <i>Volume Shell</i>        | 8,1536 m <sup>3</sup>                         |
| <i>Volume Head</i>         | 0,0002 m <sup>3</sup>                         |
| Volume Separator           | 8,1539 m <sup>3</sup>                         |
| Tinggi Separator           | 5,3320 m                                      |
| Tinggi Head                | 0,3968 m                                      |
| Tebal Shell                | 0,2500 in                                     |
| Tebal Head                 | 0,2500 in                                     |
| <i>Light Stream</i>        |                                               |
| <i>Volume Light Stream</i> | 3,1908 m <sup>3</sup>                         |
| Tinggi Light               | 1,7760 m                                      |
| <i>Heavy Stream</i>        |                                               |
| <i>Volume Heavy Stream</i> | 3,7484 m <sup>3</sup>                         |
| Tinggi Heavy               | 2,0863 m                                      |

**Tabel 3.7. Evaporator**

|                           |                                                                             |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Nama Alat                 | <i>Evaporator</i>                                                           |
| Fungsi                    | Menguapkan air yang tercampur dengan methanol yang masuk ke tangki methanol |
| Jenis                     | <i>Long tube vertical evaporator</i>                                        |
| Bahan                     | <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>                                          |
| Tekanan                   | 1 atm                                                                       |
| <i>Temperature</i> Masuk  | 58 °C                                                                       |
| <i>Temperature</i> Keluar | 71 °C                                                                       |
| Kode Alat                 | EV-01                                                                       |
| Dimensi Evaporator        |                                                                             |
| Diameter Alat             | 5,6093 m                                                                    |
| Tinggi Alat               | 11,2186 m                                                                   |
| Tebal                     | 1,1250 in                                                                   |
| Diameter Head             | 5,7595 m <sup>3</sup>                                                       |
| Tebal Head                | 0,8104 m <sup>3</sup>                                                       |
| Tinggi Head               | 1,2581 m                                                                    |
| <i>Shell And Tube</i>     |                                                                             |
| Jumlah Tube:              | 12 Buah                                                                     |
| <i>Tube</i>               |                                                                             |
| <i>Flow Area</i> :        | 0,0223 ft <sup>2</sup>                                                      |
| <i>Pressure Drop</i> :    | 0,8676 psi                                                                  |
| <i>Shell And Tube</i>     |                                                                             |
| <i>Flow Area</i> :        | 0,0625 ft <sup>2</sup>                                                      |
| <i>Pressure Drop</i> :    | 0,0000 psi                                                                  |
| Luas Transfer Panas       | 42.8965 ft <sup>2</sup>                                                     |
| Koefisien Transfer Panas  |                                                                             |
| Panas Bersih Overall      | 1499,9671btu/jam.ft <sup>2</sup> .F                                         |
| Panas Kotor Overall       | 352,2200 btu/jam.ft <sup>2</sup> .F                                         |
| Faktor Kotor Total        | 0,0022 btu/jam.ft <sup>2</sup> .F                                           |

**Tabel 3.8.** Tangki-01 dan Tangki-02

| Nama Alat                  | Tangki                                                           | Tangki                                                                                 |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Fungsi                     | Menyimpan kebutuhan FA untuk proses produksi selama 14 hari      | Menyimpan kebutuhan Methanol (CH <sub>3</sub> OH) untuk proses produksi selama 14 hari |
| Jenis                      | silinder tegak dengan <i>flat bottom</i> dan <i>conical head</i> | silinder tegak dengan <i>flat bottom</i> dan <i>conical head</i>                       |
| Jumlah                     | 1 buah                                                           | 1 buah                                                                                 |
| Bahan                      | <i>Stainless Stell SA-240 type 316</i>                           | <i>Stainless Stell SA-240 type 316</i>                                                 |
| Tipe Atap Tangki           | <i>Conical</i>                                                   | <i>conical</i>                                                                         |
| Tekanan                    | 1 atm                                                            | 1 atm                                                                                  |
| <i>Temperature</i>         | 30 °C                                                            | 30 °C                                                                                  |
| Kode Alat                  | T-01                                                             | T-02                                                                                   |
| Dimensi Tangki             |                                                                  |                                                                                        |
| Kapasitas Tangki           | 2612061,4275 kg                                                  | 2162414.3861 kg                                                                        |
| Volume Tangki              | 3661.1450 m <sup>3</sup>                                         | 3304.7228 m <sup>3</sup>                                                               |
| Diameter Standar Tangki    | 24.3840 in                                                       | 24.3840 in                                                                             |
| Tinggi Standar Tangki      | 9.1440 m                                                         | 9.1440 in                                                                              |
| <i>Course Plate</i>        | 3                                                                | 3                                                                                      |
| Jenis Head & Bottom        | <i>Cone Roof dan Flat Bottom</i>                                 | <i>Cone Roof dan Flat Bottom</i>                                                       |
| Tebal Bottom               | 0,25 in                                                          | 0.25 in                                                                                |
| Tebal Roof                 | 3 in                                                             | 2,78 in                                                                                |
| Diameter Pipa Pengisian    | 23,25 in                                                         | 15,25 in                                                                               |
| Diameter Pipa Pengeluaran: | 3,068 in                                                         | 4.026 in                                                                               |
| Pemanas                    |                                                                  |                                                                                        |
| Jenis                      | Jaket                                                            |                                                                                        |

|               |           |  |
|---------------|-----------|--|
| Tinggi Jacket | 8,2263 m  |  |
| Diameter      | 25,0127 m |  |
| Tebal         | 1,5 m     |  |

**Tabel 3.9.** Tangki-03 dan Tangki-04

| Nama Alat               | Tangki                                                                                  | Tangki                                                           |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Fungsi                  | Menyimpan kebutuhan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> untuk proses produksi selama 14 hari | Menyimpan produk ME (Biodiesel) proses produksi selama 14 hari   |
| Jenis                   | silinder tegak dengan <i>flat bottom</i> dan <i>conical head</i>                        | silinder tegak dengan <i>flat bottom</i> dan <i>conical head</i> |
| Jumlah                  | 1 buah                                                                                  | 1 buah                                                           |
| Bahan                   | <i>Stainless Stell SA-240 type 316</i>                                                  | <i>Stainless Stell SA-240 type 316</i>                           |
| Tipe Atap Tangki        | <i>Conical</i>                                                                          | <i>Conical</i>                                                   |
| Tekanan                 | 1 atm                                                                                   | 1 atm                                                            |
| <i>Temperature</i>      | 30 °C                                                                                   | 30 °C                                                            |
| Kode Alat               | T-03                                                                                    | T-04                                                             |
| Dimensi Tangki          |                                                                                         |                                                                  |
| Kapasitas Tangki        | 588509,1460 kg                                                                          | 1969791,6119 kg                                                  |
| Volume Tangki           | 389,9796 m <sup>3</sup>                                                                 | 2687,1200 m <sup>3</sup>                                         |
| Diameter Standar Tangki | 12.1920 in                                                                              | 21,3360 in                                                       |
| Tinggi Standar Tangki   | 5,4864 m                                                                                | 9,1440 m                                                         |
| <i>Course Plate</i>     | 3                                                                                       | 3                                                                |
| Jenis Head & Bottom     | <i>Cone Roof dan Flat Bottom</i>                                                        | <i>Cone Roof dan Flat Bottom</i>                                 |
| Tebal Bottom            | 0,25 in                                                                                 | 0,25 in                                                          |
| Tebal Roof              | 2 in                                                                                    | 2,75 in                                                          |
| Diameter Pipa Pengisian | 15,25 in                                                                                | 21,25 in                                                         |

|                           |         |          |
|---------------------------|---------|----------|
| Diameter Pipa Pengeluaran | 1,38 in | 3,068 in |
|---------------------------|---------|----------|

**Tabel 3.10.** Tangki Methanol

|                           |                                                                                        |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Nama Alat                 | Tangki Methanol                                                                        |
| Fungsi                    | Menyimpan produk samping Methanol ( CH <sub>3</sub> OH) proses Produksi selama 14 hari |
| Jenis                     | silinder tegak dengan <i>flat bottom</i> dan <i>conical head</i>                       |
| Jumlah                    | 1 buah                                                                                 |
| Bahan                     | <i>Stainless Stell SA-240 type 316</i>                                                 |
| Tipe Atap Tangki          | <i>Conical</i>                                                                         |
| Tekanan                   | 1 atm                                                                                  |
| <i>Temperature</i>        | 30 °C                                                                                  |
| Kode Alat                 | T-05                                                                                   |
| Dimensi Tangki            |                                                                                        |
| Kapasitas Tangki          | 1908532,7843 kg                                                                        |
| Volume Tangki             | 2923,0430 m <sup>3</sup>                                                               |
| Diameter Standar Tangki   | 24,3840 m                                                                              |
| Tinggi Standar Tangki     | 9,1440 m                                                                               |
| <i>Course Plate</i>       | 3                                                                                      |
| Tebal Bottom              | 0,25 in                                                                                |
| Tebal Roof                | 2,75 in                                                                                |
| Diameter Pipa Pengisian   | 21,25 in                                                                               |
| Diameter Pipa Pengeluaran | 4,026 in                                                                               |



**Tabel 3.11.** Silo Natrium Hidroksida

|                    |                                                               |
|--------------------|---------------------------------------------------------------|
| Nama Alat          | <i>Silo</i>                                                   |
| Fungsi             | Menyimpan kebutuhan NaOH untuk proses produksi selama 14 hari |
| Jenis              | Tangki silinder tegak dengan bagian bawah berbentuk cone 60°  |
| Jumlah             | 1 buah                                                        |
| Bahan              | <i>Stainless steel austentic 18</i>                           |
| Tekanan            | 1 atm                                                         |
| <i>Temperature</i> | 30 °C                                                         |
| Kode Alat          | T-04                                                          |
| Dimensi Silo       |                                                               |
| Diameter Silo      | 2.5311 m                                                      |
| Tebal Shell        | 0.1875 in                                                     |
| Lebar Silo         | 2.5358 m                                                      |
| Tebal Head         | 0.1875 in                                                     |
| Tinggi Silo        | 9.8407 m                                                      |

**Tabel 3.12.** *Screw Conveyor*

|                      |                  |
|----------------------|------------------|
| Koefisien Material   | 1.8              |
| Kapasitas            | 3744,4439 lb/jam |
|                      | 62,4074 lb/men   |
| Panjang <i>Screw</i> | 15 ft            |
| Maka                 |                  |
| Hp                   | 0,5106 Hp        |
| Standar HP           | 1 Hp             |
|                      |                  |
| Eff Motor            | 80%              |
| Sehingga Power       | 1,2 Hp           |
| Maka Diambil Power   | 1,5 Hp           |

**Tabel 3.13. Condensor**

|                          |                                           |
|--------------------------|-------------------------------------------|
| Nama Alat                | <i>Condenser</i>                          |
| Fungsi                   | Mencairkan uap dari hasil atas evaporator |
| Jenis                    | <i>Shell and tube</i>                     |
| Jumlah                   | 1                                         |
| Bahan                    | <i>Carbon Steel SA-167 Grade C</i>        |
| Tekanan                  | 1 atm                                     |
| Temperature Masuk        | 71 °C                                     |
| Temperature Keluar       | 59 °C                                     |
| Kode Alat                | CD-01                                     |
| Dimensi Tangki           |                                           |
| Jumlah Tube              | 19 Buah                                   |
| <i>ID tube</i>           | 0,584 in                                  |
| <i>OD tube</i>           | 1,5 in                                    |
| <i>ID shell</i>          | 23,25 ft                                  |
| Panjang Tube             | 24 ft                                     |
| <i>Shell</i>             |                                           |
| <i>Flow Area</i>         | 1,4077 ft <sup>2</sup>                    |
| <i>Pressure Drop</i>     | 0,0322 psi                                |
| <i>Tube</i>              |                                           |
| <i>Flow Area</i>         | 0,4145 ft <sup>2</sup>                    |
| <i>Pressure Drop</i>     | 0,0080 psi                                |
| Luas Transfer Panas      | 2689,5165 ft <sup>3</sup>                 |
| Koefisien Transfer Panas |                                           |
| Panas Bersih Overall     | 74,4746 btu/jam ft <sup>2</sup> °F        |
| Panas Kotor Overall      | 123,5533 btu/jam ft <sup>2</sup> °F       |
| Faktor Kotor Total       | 0,005 btu/jam ft <sup>2</sup> °F          |

**Tabel 3.14.** Pompa 01 dan 02

| Nama Alat          | Pompa                                                                                                          | Pompa                                                           |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Fungsi             | Mengalirkan bahan baku FA (Palm Fatty Acid Distillate) dari tangki penyimpanan (T-01) menuju reaktor 1 (RE-01) | Mengalirkan bahan baku Methanol (T-02) menuju reaktor 1 (RE-01) |
| Jenis              | <i>centrifugal pump</i>                                                                                        | <i>centrifugal pump</i>                                         |
| Bahan              | <i>commercial Steel</i>                                                                                        | <i>commercial Steel</i>                                         |
| Tekanan            | 1 atm                                                                                                          | 1 atm                                                           |
| Kode Alat          | P-01                                                                                                           | P-02                                                            |
| Dimensi Pipa       |                                                                                                                |                                                                 |
| Kapasitas          | 93,8791 gpm                                                                                                    | 73,6015 gpm                                                     |
| Rate Volumetrik    | 0.2092 ft <sup>3</sup> /s                                                                                      | 0,1640 ft <sup>3</sup> /s                                       |
| Kecepatan Aliran   | 2,3718 ft/s                                                                                                    | 1,8595ft/s                                                      |
| Ukuran Pipa        |                                                                                                                |                                                                 |
| <i>ID</i>          | 4,026 in                                                                                                       | 4,026 in                                                        |
| <i>OD</i>          | 4,5 in                                                                                                         | 4,5 in                                                          |
| <i>IPS</i>         | 4 in                                                                                                           | 4 in                                                            |
| <i>Flow Area</i>   | 12,70 in <sup>2</sup>                                                                                          | 12,70 in <sup>2</sup>                                           |
| Efisiensi Pompa    | 60%                                                                                                            | 60%                                                             |
| Power Pompa        | 0,8198 Hp                                                                                                      | 0,9509 Hp                                                       |
| <i>Power Motor</i> | 1,5 Hp                                                                                                         | 1,5 Hp                                                          |

**Tabel 3.15.** Pompa 03 dan 04

| Nama Alat          | Pompa                                                                              | Pompa                                                           |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Fungsi             | Mengalirkan katalis H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (T-03) menuju reaktor 1 (RE-01) | Mengalirkan keluaran reaktor 1 (RE-01) menuju reaktor 2 (RE-02) |
| Jenis              | <i>centrifugal pump</i>                                                            | <i>centrifugal pump</i>                                         |
| Bahan              | <i>stainless Steel</i>                                                             | <i>stainless Steel</i>                                          |
| Tekanan            | 1 atm                                                                              | 1 atm                                                           |
| Kode Alat          | P-03                                                                               | P-04                                                            |
| Dimensi Pipa       |                                                                                    |                                                                 |
| Kapasitas          | 11,2085 gpm                                                                        | 220,2459 gpm                                                    |
| Rate Volumetrik    | 0,0250 ft <sup>3</sup> /s                                                          | 0,4907 ft <sup>3</sup> /s                                       |
| Kecepatan Aliran   | 1,7629 ft/s                                                                        | 2,4452 ft/s                                                     |
| Ukuran Pipa        |                                                                                    |                                                                 |
| <i>ID</i>          | 1,16 in                                                                            | 6,065 in                                                        |
| <i>OD</i>          | 1,9 in                                                                             | 6,625 in                                                        |
| <i>IPS</i>         | 1,50 in                                                                            | 6 in                                                            |
| <i>Flow Area</i>   | 2,04 in <sup>2</sup>                                                               | 28,90 in <sup>2</sup>                                           |
| Efisiensi Pompa    | 40%                                                                                | 78%                                                             |
| Power Pompa        | 0,2788 Hp                                                                          | 1,5009 Hp                                                       |
| <i>Power Motor</i> | 0,75 Hp                                                                            | 2 Hp                                                            |

**Tabel 3.16.** Pompa-5 dan Pompa-06

| Nama Alat | Pompa                                                           | Pompa                                                           |
|-----------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Fungsi    | Mengalirkan keluaran reaktor 2 (RE-02) menuju reaktor 3 (RE-03) | Mengalirkan keluaran reaktor 3 (RE-03) menuju reaktor 4 (RE-04) |
| Jenis     | <i>centrifugal pump</i>                                         | <i>centrifugal pump</i>                                         |

|                    |                           |                           |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|
| Bahan              | <i>stainless Steel</i>    | <i>stainless Steel</i>    |
| Tekanan            | 1 atm                     | 1 atm                     |
| Kode Alat          | P-05                      | P-06                      |
| Dimensi Pipa       |                           |                           |
| Kapasitas          | 219,9510 gpm              | 219,9260 gpm              |
| Rate Volumetrik    | 0,4901 ft <sup>3</sup> /s | 0,4900 ft <sup>3</sup> /s |
| Kecepatan Aliran   | 2,4419 ft/s               | 2,4417 ft/s               |
| Ukuran Pipa        |                           |                           |
| <i>ID</i>          | 6,065 in                  | 6,065 in                  |
| <i>OD</i>          | 6,625 in                  | 6,625 in                  |
| <i>IPS</i>         | 6 in                      | 6 in                      |
| <i>Flow Area</i>   | 28,90 in <sup>2</sup>     | 28,90 in <sup>2</sup>     |
| Efisiensi Pompa    | 78%                       | 78%                       |
| Power Pompa        | 1,5098 Hp                 | 1,5097 Hp                 |
| <i>Power Motor</i> | 2 Hp                      | 2 Hp                      |

**Tabel 3.17.** Pompa-07 dan Pompa-08

| Nama Alat    | Pompa                                                            | Pompa                                                       |
|--------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Fungsi       | Mengalirkan keluaran Reaktor 4 (RE-04) menuju Netralizer (NE-01) | Mengalirkan keluaran Mixer (M-01) menuju Netralizer (NE-01) |
| Jenis        | <i>centrifugal pump</i>                                          | <i>centrifugal pump</i>                                     |
| Bahan        | <i>stainless Steel</i>                                           | <i>Comersial Steel</i>                                      |
| Tekanan      | 1 atm                                                            | 1 atm                                                       |
| Kode Alat    | P-07                                                             | P-08                                                        |
| Dimensi Pipa |                                                                  |                                                             |
| Kapasitas    | 221,0784 gpm                                                     | 4,4307 gpm                                                  |

|                    |                           |                           |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|
| Rate               |                           |                           |
| Volumetrik         | 0,4926 ft <sup>3</sup> /s | 0,0099 ft <sup>3</sup> /s |
| Kecepatan Aliran   | 2,4545 ft/s               | 1,6646 ft/s               |
| Ukuran Pipa        |                           |                           |
| <i>ID</i>          | 6,065 in                  | 1,049 in                  |
| <i>OD</i>          | 6,625 in                  | 1,32 in                   |
| <i>IPS</i>         | 6 in                      | 1 in                      |
| <i>Flow Area</i>   | 28,90 in <sup>2</sup>     | 0,85 in <sup>2</sup>      |
| Efisiensi Pompa    | 78%                       | 40%                       |
| Power Pompa        | 0,9005 Hp                 | 0,2416 Hp                 |
| <i>Power Motor</i> | 1,5 Hp                    | 0,75 Hp                   |

**Tabel 3.18.** Pompa-09 dan Pompa-10

| Nama Alat          | Pompa                                                               | Pompa                                                     |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Fungsi             | Mengalirkan keluaran Netralizer (NE-01) menuju Washing Tank (WT-01) | Mengalirkan keluaran Utilitas menuju Washing Tank (WT-01) |
| Jenis              | <i>centrifugal pump</i>                                             | <i>centrifugal pump</i>                                   |
| Bahan              | <i>Stainless Steel</i>                                              | <i>Comersial Steel</i>                                    |
| Tekanan            | 1 atm                                                               | 1 atm                                                     |
| Kode Alat          | P-09                                                                | P-10                                                      |
| Dimensi Pipa       |                                                                     |                                                           |
| Kapasitas          | 116,3387 gpm                                                        | 10,2155 gpm                                               |
| Rate Volumetrik    | 0,2592 ft <sup>3</sup> /s                                           | 0,0228 ft <sup>3</sup> /s                                 |
| Kecepatan Aliran   | 2,9392 ft/s                                                         | 1,6067 ft/s                                               |
| <i>Ukuran Pipa</i> |                                                                     |                                                           |
| <i>ID</i>          | 4,026 in                                                            | 1,61 in                                                   |

|                    |                      |                      |
|--------------------|----------------------|----------------------|
| <i>OD</i>          | 4,50 in              | 1,9 in               |
| <i>IPS</i>         | 4 in                 | 1,5 in               |
| <i>Flow Area</i>   | 12,7 in <sup>2</sup> | 2,04 in <sup>2</sup> |
| Efisiensi Pompa    | 70%                  | 40%                  |
| Power Pompa        | 0,7046 Hp            | 0,0957 Hp            |
| <i>Power Motor</i> | 1 Hp                 | 0,125 Hp             |

**Tabel 3.19.** Pompa-11 dan Pompa-12

| Nama Alat          | Pompa                                                              | Pompa                                                            |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Fungsi             | Mengalirkan keluaran Washing Tank (WT-01) menuju Separator (SE-01) | Mengalirkan keluaran Separator (SE-01) Menuju Evaporator (EV-01) |
| Jenis              | <i>centrifugal pump</i>                                            | <i>centrifugal pump</i>                                          |
| Bahan              | <i>Stainless Steel</i>                                             | <i>Stainless Steel</i>                                           |
| Tekanan            | 1 atm                                                              | 1 atm                                                            |
| Kode Alat          | P-11                                                               | P-12                                                             |
| Dimensi Pipa       |                                                                    |                                                                  |
| Kapasitas          | 116,3387 gpm                                                       | 102,9386 gpm                                                     |
| Rate Volumetrik    | 0,2592 ft <sup>3</sup> /s                                          | 0,2293 ft <sup>3</sup> /s                                        |
| Kecepatan Aliran   | 2,9392 ft/s                                                        | 2,6007 ft/s                                                      |
| Ukuran Pipa        |                                                                    |                                                                  |
| <i>ID</i>          | 4,026 in                                                           | 4,026 in                                                         |
| <i>OD</i>          | 4,5 in                                                             | 4,5 in                                                           |
| <i>IPS</i>         | 4 in                                                               | 4 in                                                             |
| <i>Flow Area</i>   | 12,7 in <sup>2</sup>                                               | 12,7 in <sup>2</sup>                                             |
| Efisiensi Pompa    | 70%                                                                | 70%                                                              |
| Power Pompa        | 0,8627 Hp                                                          | 0,9421 Hp                                                        |
| <i>Power Motor</i> | 1,5 Hp                                                             | 2 Hp                                                             |

**Tabel 3.20.** Pompa-13 dan Pompa-14

| Nama Alat          | Pompa                                                                        | Pompa                                                                            |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Fungsi             | Mengalirkan keluaran atas Separator (SE-01) Menuju Tangki penyimpanan (T-05) | Mengalirkan keluaran condensor (CD-01) menuju tangka penyimpanan methanol (T-06) |
| Jenis              | <i>centrifugal pump</i>                                                      | <i>centrifugal pump</i>                                                          |
| Bahan              | <i>Stainless Steel</i>                                                       | <i>Stainless Steel</i>                                                           |
| Tekanan            | 1 atm                                                                        | 1 atm                                                                            |
| Kode Alat          | P-13                                                                         | P - 14                                                                           |
| Dimensi Pipa       |                                                                              |                                                                                  |
| Kapasitas          | 120,7072 gpm                                                                 | 114,4516 gpm                                                                     |
| Rate Volumetrik    | 0,2689 ft <sup>3</sup> /s                                                    | 0,2550 ft <sup>3</sup> /s                                                        |
| Kecepatan Aliran   | 3,0496 ft/s                                                                  | 2,8915 ft/s                                                                      |
| Ukuran Pipa        |                                                                              |                                                                                  |
| <i>ID</i>          | 4,026 in                                                                     | 4,026 in                                                                         |
| <i>OD</i>          | 4,5 in                                                                       | 4,5 in                                                                           |
| <i>IPS</i>         | 4 in                                                                         | 4 in                                                                             |
| <i>Flow Area</i>   | 12,7 in <sup>2</sup>                                                         | 12,7 in <sup>2</sup>                                                             |
| Efisiensi Pompa    | 70%                                                                          | 70%                                                                              |
| Power Pompa        | 1,7880 Hp                                                                    | 0,9156 Hp                                                                        |
| <i>Power Motor</i> | 3 Hp                                                                         | 1 Hp                                                                             |



**Tabel 3.21. Heater-01 dan Heater-02**

| Nama Alat                | <i>Heater</i>                                                                       | <i>Heater</i>                                                                                                                 |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fungsi                   | memanaskan Methanol dari tangka penyimpanan (T-02) sebelum masuk ke Reaktor (RE-01) | memanaskan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> dari tangki penyimpanan (T-03) untuk masuk ke Reaktor (RE-01) sebelum masuk Reaktor |
| Jenis Pompa              | <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>                                                   | <i>double pipe Exchanger</i>                                                                                                  |
| Jenis Bahan              | <i>Stainless Steel SA-167 type 316</i>                                              | <i>Stainless Steel SA-167 type 316</i>                                                                                        |
| Jumlah Alat              | 1 Buah                                                                              | 1 Buah                                                                                                                        |
| Kode Alat                | HE-01                                                                               | HE-02                                                                                                                         |
| Tekanan                  | 1 atm                                                                               | 1 atm                                                                                                                         |
| <i>Steam</i>             | <i>Saturated steam</i>                                                              | <i>Saturated Steam</i>                                                                                                        |
| <i>Temperature Steam</i> | 150 °C                                                                              | 150 °C                                                                                                                        |
|                          |                                                                                     |                                                                                                                               |
| Jumlah Hairpin           | 11                                                                                  | 3                                                                                                                             |
| <i>Annulus</i>           |                                                                                     |                                                                                                                               |
| IPS                      | 2 in                                                                                | 2 in                                                                                                                          |
| OD                       | 2,38 in                                                                             | 2,38 in                                                                                                                       |
| ID                       | 2 in                                                                                | 2 in                                                                                                                          |
| <i>Surface Area</i>      | 0,622 sqft/ft                                                                       | 0,622 sqft/ft                                                                                                                 |
| Panjang                  | 15 ft                                                                               | 15 ft                                                                                                                         |
| <i>Inner Pipe</i>        |                                                                                     |                                                                                                                               |
| IPS                      | 1 in                                                                                | 1 in                                                                                                                          |
| OD                       | 2 in                                                                                | 2 in                                                                                                                          |
| ID                       | 1 in                                                                                | 1 in                                                                                                                          |
| <i>Surface Area</i>      | 0,435 sqft/ft                                                                       | 0,435 sqft/ft                                                                                                                 |
| Panjang                  | 15 ft                                                                               | 15 ft                                                                                                                         |
| Luas Transfer Panas      | 107,7914 ft <sup>2</sup>                                                            | 27,0056 ft <sup>2</sup>                                                                                                       |

|                           |                                      |                                      |
|---------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Panas Kotor<br>Overall    | 84,0233 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F  | 38,5932 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F  |
| Panas Bersih<br>Overall   | 877,3966 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F | 278,4705 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F |
| Faktor Kotor<br>Total     | 0,011                                | 0,022                                |
| Faktor Kotor<br>Total min | 0,001                                | 0,001                                |



**Tabel 3.22. Heater-03**

|                          |                                                                         |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Nama Alat                | Heater                                                                  |
| Fungsi                   | memanaskan komponen dari Mixer (M-01) untuk masuk ke Netralizer (NE-01) |
| Jenis Pompa              | <i>Double Pipe Exchanger</i>                                            |
| Jenis Bahan              | <i>Stainless Steel SA-167 type 316</i>                                  |
| Jumlah Alat              | 1 Buah                                                                  |
| Kode Alat                | HE-03                                                                   |
| Tekanan                  | 1 atm                                                                   |
| <i>Steam</i>             | <i>Saturated Steam</i>                                                  |
| <i>Temperature Steam</i> | 150 °C                                                                  |
|                          |                                                                         |
| Jumlah Hairpin           | 2                                                                       |
| <i>Annulus</i>           |                                                                         |
| IPS                      | 2 in                                                                    |
| OD                       | 2,38 in                                                                 |
| ID                       | 2 in                                                                    |
| <i>Surface Area</i>      | 0,622 sqft/ft                                                           |
| Panjang                  | 15 ft                                                                   |
| <i>Inner Pipe</i>        |                                                                         |
| IPS                      | 1 in                                                                    |
| OD                       | 2 in                                                                    |
| ID                       | 1 in                                                                    |
| <i>Surface Area</i>      | 0,435 sqft/ft                                                           |
| Panjang                  | 15 ft                                                                   |
| Luas Transfer Panas      | 20,8168 ft <sup>2</sup>                                                 |
| Panas Kotor Overall      | 33,4675 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F                                     |
| Panas Bersih Overall     | 2273,0422 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F                                   |
| Faktor Kotor Total       | 0,029                                                                   |
| Faktor Kotor Total min   | 0,001                                                                   |

**Tabel 3.23.** *Cooler-01 dan Cooler-02*

| Nama Alat                | <i>Cooler</i>                                                                                                           | <i>Cooler</i>                                                                                                        |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fungsi                   | Menurunkan temperature aliran keluar atas Separator (SE-01) dari 71°C menjadi 30°C untuk diumpankan ke Tangki ME (T-04) | Menurunkan temperatur aliran keluar Condensor (CD-01) dari 59°C menjadi 30°C untuk diumpankan ke Tangki CH3OH (T-05) |
| Jenis Pompa              | <i>Shell and tube Exchanger</i>                                                                                         | <i>Shell and tube Exchanger</i>                                                                                      |
| Jenis Bahan              | <i>Stainless Steel SA-167 type 316</i>                                                                                  | <i>Stainless Steel SA-167 type 316</i>                                                                               |
| Jumlah Alat              | 1 Buah                                                                                                                  | 1 Buah                                                                                                               |
| Kode                     | CL-01                                                                                                                   | CL-02                                                                                                                |
| Tekanan                  | 1 atm                                                                                                                   | 1 atm                                                                                                                |
| Air Dingin               | 25 °C                                                                                                                   | 25 °C                                                                                                                |
|                          |                                                                                                                         |                                                                                                                      |
| <i>OD Tube</i>           | 1,5 in                                                                                                                  | 1,5                                                                                                                  |
| <i>ID Tube</i>           | 1 in                                                                                                                    | 1 in                                                                                                                 |
| <i>Surface Area tube</i> | 0,3925 ft <sup>2</sup> /lin ft                                                                                          | 0,3925 ft <sup>2</sup> /lin ft                                                                                       |
| Panjang Tube             | 20 ft                                                                                                                   | 20 in                                                                                                                |
| <i>ID Shell</i>          | 25 in                                                                                                                   | 25 in                                                                                                                |
| <i>OD Shell</i>          | 1 in                                                                                                                    | 1 in                                                                                                                 |
| <i>Shell Side</i>        |                                                                                                                         |                                                                                                                      |
| <i>Flow Area</i>         | 0,1389 ft <sup>2</sup>                                                                                                  | 0,1389 ft <sup>2</sup>                                                                                               |
| <i>Pressure Drop</i>     | 0,0068 ft                                                                                                               | 0,0064 in                                                                                                            |
| <i>Tube Side</i>         |                                                                                                                         |                                                                                                                      |
| <i>Flow Area</i>         | 0,5026 in                                                                                                               | 0,5026 in                                                                                                            |
| <i>Pressure Drop</i>     | 3,5067 in                                                                                                               | 3,5048 in                                                                                                            |
| Luas Transfer Panas      | 796,8975 ft <sup>2</sup>                                                                                                | 710,3217 ft <sup>2</sup>                                                                                             |
| Panas Kotor Overall      | 80,9965 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F                                                                                     | 96,2626 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F                                                                                  |

|                               |                                      |                                      |
|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Panas Bersih<br>Overall       | 616,4165 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F | 195,0922 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F |
| Factor Kotor<br>Total         | 0,011                                | 0,005                                |
| Factor Kotor<br>Total Minimum | 0,001                                | 0,001                                |



## **BAB IV**

### **PERANCANGAN PABRIK**

#### **4.1 Lokasi Pabrik**

Penentuan lokasi pabrik dalam perancangan sebuah pabrik adalah aspek yang sangat penting untuk mempertimbangkan didirikannya sebuah pabrik. Kemudahan dalam pengoperasian dan perencanaan pabrik merupakan faktor-faktor yang perlu diperhatikan. Ketepatan pemilihan lokasi suatu pabrik harus dipertimbangkan dengan baik dan matang yang dimana lokasi pendirian pabrik harus dekat dengan bahan baku sehingga transportasi untuk bahan baku murah serta memberikan keuntungan pada pabrik yang akan didirikan dan lingkungan sekitarnya. Disamping itu, ada beberapa faktor lain yang mempengaruhi, diantaranya yaitu utilitas. Utilitas adalah salah satu hal yang penting dalam proses produksi, maka dari itu lokasi pendirian pabrik harus berdekatan dengan sungai. Hal ini akan mempengaruhi faktor keberhasilan dan kelancaran proses produksi.

Berdasarkan beberapa pertimbangan diatas, maka lokasi pendirian pabrik biodiesel dengan kapasitas produksi 130.000 ton/tahun ini direncanakan akan didirikan di Lubuk Pakam, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara, yang merupakan daerah dengan penghasil minyak kelapa sawit yang cukup melimpah. Pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik adalah sebagai berikut:

##### **1. Ketersediaan bahan baku**

Bahan baku yang berupa PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*) diperoleh dari dalam negeri, yaitu dari beberapa industri minyak kelapa sawit di kawasan Deli Serdang, Sumatera Utara. Bahan baku yang lain yaitu Metanol diperoleh dari PT Rosma Bana Utama, Sumatera Utara. Sodium Hidroksida diperoleh dari CV. Gihon Juma Sentosa, Sumatera Utara. Sedangkan Katalis Asam Sulfat didapat dari PT Ramindo Daya Perkasa yang terletak di Sumatera Utara.

## 2. Letak Daerah

Pabrik akan didirikan di sebuah Kawasan Industri yang jauh dari kepadatan penduduk sehingga tersedia lahan yang cukup luas dengan infrastruktur yang cukup memadai, ditambah lagi kawasan tersebut dekat dengan fasilitas Tol sehingga lebih efisien dari segi transportasi.

## 3. Pemasaran

Alasan utama didirikannya pabrik yaitu karena adanya permintaan pasar. Besarnya permintaan dipasar terhadap produk yang akan dihasilkan pada suatu wilayah dapat menjadi pertimbangan dalam penentuan lokasi pabrik. Distribusi produk tersebut akan berjalan dengan lebih mudah dan efisien jika dekat dengan pemasarannya. Biodiesel akan dipasarkan ke wilayah industri kimia yang memerlukan bahan baku Biodiesel. Biodiesel itu sendiri salah satu pemasarannya telah didistribusikan ke Pertamina untuk pembuatan solar.

## 4. Sarana Transportasi dan Ketersediaan Air

Ketersediaan sarana transportasi di daerah tersebut dapat memudahkan lalu lintas kegiatan produksi dan kemudahan distribusi dikarenakan dekatnya dengan fasilitas Tol dan juga dekat dengan laut sehingga transportasi lebih efisien. Air merupakan salah satu aspek yang paling penting untuk jalannya suatu proses produksi, aktifitas kantor, dan sebagainya.

## 5. Tenaga Kerja

Modal utama didirikannya suatu pabrik adalah Tenaga kerja. Tenaga kerja dibutuhkan demi terjalannya pabrik yang akan didirikan. Tenaga kerja yang dibutuhkan minimal berpendidikan SMA atau yang sederajat sampai sarjana. Dan perekrutan tenaga kerja sesuai kualifikasi merupakan pertimbangan yang penting untuk kesejahteraan pabrik.

## 6. Sumber Listrik dan Bahan bakar

Dalam pendirian sebuah pabrik memerlukan sumber listrik dan bahan bakar. Dipilih yang berdekatan dengan pabrik agar meringankan beban pengeluaran pabrik yang akan dirancang.

## 7. Utilitas

Utilitas salah satu faktor penting dalam berjalannya suatu pabrik. Air yang digunakan untuk utilitas diperoleh dari air sungai deli serdang yang dimana lokasi sungai berjarak tidak jauh dari lokasi pabrik tersebut dan kemudian air dari sungai akan diolah di proses utilitas agar menjadi air demin untuk proses produksi.

## 8. Limbah Pabrik

Hasil buangan dari pabrik wajib diperhatikan. terutama dampak terhadap kesehatan masyarakat di sekitar lokasi pabrik. Hal ini dapat dilakukan dengan cara membuat tempat pembuangan limbah dalam suatu bak serta aliran tertentu yang digunakan khusus tempat untuk proses pembuangan limbah pabrik tanpa mencemari lingkungan sekitar

### 4.2 Tata Letak Pabrik

Pabrik Biodiesel ini akan didirikan di Lubuk Pakam, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatra Utara. Lokasi tersebut dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut:



**Gambar 4.1.** Rencana Lokasi Pendirian Pabrik Biodiesel

Tata letak pabrik merupakan suatu tata cara dalam mengatur fasilitas-fasilitas yang ada di dalam pabrik guna melancarkan proses produksi. Tata letak



pabrik meliputi rencana kebutuhan ruangan untuk melakukan seluruh aktivitas di dalam pabrik meliputi kantor, gudang, kamar serta semua fasilitas lain yang berhubungan dengan proses dalam menghasilkan produk. Oleh karena itu tata letak pabrik disusun secara cermat agar tidak terjadi kesulitan di kemudian hari.

Fasilitas pabrik tidak semata-mata hanya mesin-mesin tetapi juga daerah pelayanan termasuk tempat penerimaan. Penerimaan barang, tempat pemeliharaan, gudang dan sebagainya. Disamping itu perlu diperhatikan keamanan para pekerja sehingga tata letak pabrik meliputi didalam dan diluar gedung. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan tata letak pabrik adalah:

1. Perluasan pabrik

Perluasan pabrik ini harus sudah masuk dalam perhitungan sejak dalam perancangan pabrik. Hal ini ditujukan agar masalah kebutuhan tempat di kemudian hari tidak dipermasalahkan. Sejumlah area khusus sudah disiapkan untuk dipakai sebagai perluasan pabrik, penambahan peralatan dan peningkatan kapasitas pabrik.

2. Keamanan

Keamanan terhadap kemungkinan adanya bahaya kebakaran, ledakan, asap/gas beracun harus benar-benar diperhatikan dalam penentuan tata letak pabrik. Untuk itu harus dilakukan penempatan alat-alat pengaman seperti hydrant, penampungan air yang cukup serta penahan ledakan. Tangki penyimpanan produk yang berbahaya harus diletakan di area khusus serta perlu adanya jarak antara bangunan yang satu dengan yang lainnya guna memberikan pertolongan dan menyediakan jalan bagi para karyawan untuk menyelamatkan diri di saat terjadinya keadaan darurat.

### 3. Luas area yang tersedia

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

### 4. Bangunan

Bangunan yang ada secara fisik harus memenuhi standar dan perlengkapan yang menyertainya seperti ventilasi, instalasi, dan lain-lainnya tersedia dan memenuhi syarat.

### 5. Instalasi dan Utilitas

Pemasangan dan distribusi yang baik dari gas, steam dan listrik akan membantu kemudahan kerja dan perawatannya. Penempatan alat proses diatur sedemikian rupa sehingga karyawan dapat dengan mudah mencapainya dan dapat menjamin kelancaran operasi serta memudahkan dalam perawatannya.

### 6. Jaringan jalan raya

Untuk pengangkutan bahan, keperluan perbaikan, pemeliharaan dan keselamatan kerja, maka di antara daerah proses dibuat jalan yang cukup untuk memudahkan mobil keluar masuk, sehingga bila terjadi suatu bencana maka tidak akan mengalami kesulitan dalam menanggulangnya. Secara garis besar tata letak pabrik dibagi dalam beberapa daerah utama, yaitu:

- a) Daerah administrasi / perkantoran, laboratorium dan fasilitas pendukung.  
Area ini terdiri dari:
  1. Daerah administrasi sebagai pusat kegiatan administrasi dan keuangan pabrik.
  2. Laboratorium sebagai pusat kontrol kualitas bahan baku dan produk.
  3. Fasilitas – fasilitas bagi karyawan seperti: poliklinik, kantin, aula dan masjid

- b) Daerah proses dan perluasan. Merupakan daerah tempat alat-alat proses diletakkan dan proses berlangsung. Ruang kontrol sebagai pusat pengendalian berlangsungnya proses.
- c) Daerah pergudangan umum, bengkel dan garasi.
- d) Daerah utilitas dan pemadam kebakaran. Merupakan lokasi pusat kegiatan penyediaan air, steam, air pendingin dan tenaga listrik disediakan guna menunjang jalannya proses serta unit pemadam kebakaran.
- e) Daerah pengolahan limbah. Merupakan daerah pembuangan dan pengolahan limbah hasil proses produksi.

**Tabel 4.1. Rincian Luas Tanah Bangunan Pabrik**

| No | Lokasi                 | Panjang (m) | Lebar (m) | Luas (m <sup>2</sup> ) |
|----|------------------------|-------------|-----------|------------------------|
| 1  | Alat Proses            | 100         | 98        | 9800                   |
| 2  | Alat Utilitas          | 66          | 50        | 3300                   |
| 3  | Perluasan Pabrik 1     | 108         | 45        | 4860                   |
| 4  | Perluasan Pabrik 2     | 24          | 108       | 2592                   |
| 5  | Perluasan Pabrik 3     | 78          | 36        | 2808                   |
| 6  | Unit Pengolahan Limbah | 35          | 35        | 1225                   |
| 7  | Control Ruang Utilitas | 25          | 20        | 500                    |
| 8  | Control Ruang Produksi | 25          | 25        | 625                    |
| 9  | Gudang Alat            | 30          | 50        | 1500                   |
| 10 | Unit Pemadam Kebakaran | 40          | 30        | 1200                   |
| 11 | Bengkel                | 40          | 30        | 1200                   |
| 12 | Parkir Truk            | 50          | 40        | 2000                   |
| 13 | Kantin                 | 20          | 20        | 400                    |
| 14 | Laboratorium           | 30          | 20        | 600                    |
| 15 | Perpustakaan           | 25          | 25        | 625                    |
| 16 | Masjid                 | 35          | 25        | 875                    |

|                      |                            |             |             |              |
|----------------------|----------------------------|-------------|-------------|--------------|
| 17                   | Parkir Utama               | 50          | 25          | 1250         |
| 18                   | Kantor Teknis dan Produksi | 40          | 30          | 1200         |
| 19                   | Kantor Utama               | 50          | 40          | 2000         |
| 20                   | Mesh Karyawan              | 60          | 50          | 3000         |
| 21                   | Rumah Dinas                | 48          | 40          | 1920         |
| 22                   | Poliklinik                 | 20          | 30          | 600          |
| 23                   | Pos Keamanan               | 14          | 14          | 196          |
| 24                   | Taman 1                    | 18          | 50          | 900          |
| 25                   | Taman 2                    | 54          | 20          | 1080         |
| 26                   | Taman 3                    | 18          | 60          | 1080         |
| <b>Luas Tanah</b>    |                            |             |             | <b>47336</b> |
| <b>Luas Bangunan</b> |                            |             |             | <b>30766</b> |
| <b>Total</b>         |                            | <b>1103</b> | <b>1016</b> | <b>78102</b> |



Skala 1:1200

**Gambar 4.2** Layout Pabrik Biodiesel

Keterangan:

|     |                            |     |                       |     |                    |
|-----|----------------------------|-----|-----------------------|-----|--------------------|
| 1.  | Kantor Utama               | 11. | Pos Keamanan          | 21. | Daerah Perluasan 1 |
| 2.  | Taman I                    | 12. | Poliklinik            | 22. | Daerah Perluasan 2 |
| 3.  | Perpustakaan               | 13. | Mess Karyawan         | 23. | Parkir Truk        |
| 4.  | Taman II                   | 14. | Taman III             | 24. | Bengkel            |
| 5.  | Kantor Teknik dan Produksi | 15. | Gudang Pertanian      | 25. | Unit Pemadam       |
| 6.  | Masjid                     | 16. | Control Room Utilitas | 26. | Daerah Perluasan 3 |
| 7.  | Parkir Utama               | 17. | Upl                   | *   | Jalan Area Pabrik  |
| 8.  | Laboratorium               | 18. | Alat Utilitas         | **  | Jalan Raya         |
| 9.  | Kantin                     | 19. | Control Room Produk   |     |                    |
| 10, | Rumah Dinas                | 20, | Alat Proses           |     |                    |

### 4.3. Tata Letak Mesin atau Alat (*Machines*)

Pemasangan alat-alat proses produksi harus diperhatikan terutama pada aliran bahan baku dan produk, lalu lintas alat berat dan jarak antar alat proses. Tujuannya agar kelancaran produksi, keamanan, dan keselamatan terjaga sehingga dapat menekan biaya produksi dan meningkatkan keuntungan. Dalam perencanaan tata letak peralatan proses ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

#### 1. Aliran bahan baku dan produk

Pengaliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi. Penempatan pipa juga perlu diperhatikan, dimana untuk pipa diatas tanah perlu dipasang pada ketinggian tiga meter atau lebih, sedangkan untuk pemipaan pada permukaan tanah diatur sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu lalu lintas bekerja.

#### 2. Aliran udara

Aliran udara di dalam dan di sekitar area proses diperhatikan supaya lancar. Hal ini bertujuan untuk menghindari stagnasi udara pada suatu tempat yang dapat mengakibatkan akumulasi bahan kimia yang berbahaya. Sehingga dapat membahayakan keselamatan pekerja, sehingga perlu juga diperhatikan hembusan angin.

#### 3. Pencahayaan

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

#### 4. Lalu lintas manusia

Dalam hal perancangan tata letak peralatan perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah. Jika terjadi gangguan alat proses maka harus cepat diperbaiki, selain itu keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

5. Tata letak alat proses

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

6. Jarak antara alat proses

Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat proses lain. Sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut tidak membahayakan alat proses lainnya. Tata letak alat proses harus dirancang sedemikian rupa sehingga :

- a. Kelancaran proses produksi dapat terjamin.
- b. Dapat mengefektifkan penggunaan luas tanah.
- c. Biaya material handling menjadi rendah, sehingga menyebabkan menurunnya pengeluaran untuk capital yang tidak penting.
- d. Jika tata letak peralatan proses sedemikian rupa sehingga urutan proses produksi lancar, maka perusahaan tidak perlu untuk memakai alat angkut dengan biaya mahal.
- e. Karyawan mendapat kepuasan kerja.

7. *Maintenance*

*Maintenance* berguna untuk menjaga sarana dan fasilitas peralatan pabrik dengan cara pemeliharaan dan perbaikan alat agar produksi dapat berjalan dengan lancar dan produktivitas menjadi tinggi sehingga akan tercapai target produksi dan spesifikasi bahan baku yang diharapkan.

#### 4.4. Tata Letak Alat Proses

Tata letak peralatan proses adalah tempat kedudukan dari alat-alat yang digunakan dalam proses produksi. Tata letak alat-alat proses harus dirancang sedemikian rupa sehingga :

1. Kelancaran proses produksi lebih terjamin.
2. Dapat mengefektifkan penggunaan luas lantai.
3. Biaya material handling menjadi lebih rendah dan menyebabkan turunnya/terhindarnya pengeluaran untuk hal-hal yang tidak penting.
4. Jika tata letak peralatan diatur sesuai dengan urutan-urutan proses maka proses produksi akan lancar, sehingga perusahaan tidak perlu membeli alat angkut tambahan sehingga lebih efisien.
5. Karyawan mendapatkan kenyamanan dalam bekerja sehingga akan meningkatkan semangat kerja yang menyebabkan meningkatnya produktivitas kerja.

Hal yang harus diperhatikan juga :

1. Letak alat dalam ruangan yang cukup sehingga tersedia ruang gerak untuk keperluan perawatan, perbaikan maupun penggantian alat.
2. Pengaturan tata letak diusahakan menurut urutan proses.
3. Penempatan alat kontrol atau alat bantu pada alat maupun pipa aliran proses dapat terjangkau atau dapat terlihat jelas untuk pengawasan proses.

Faktor-faktor yang dipertimbangkan dalam penyusunan tata letak alat proses pabrik Biodiesel, yaitu :

##### 1. Pertimbangan ekonomis

Biaya konstruksi diminimumkan dengan jalan menempatkan peralatan yang memberikan sistem pemipaan sependek mungkin diantara alat proses, sehingga akan mengurangi daya tekan alat terhadap bahan, akibatnya akan mengurangi biaya *variable*.



## 2. Kemudahan operasi

Letak tiap alat diusahakan agar dapat memberikan keleluasaan bergerak pada para pekerja dalam melaksanakan aktifitas produksi.

## 3. Kemudahan pemeliharaan

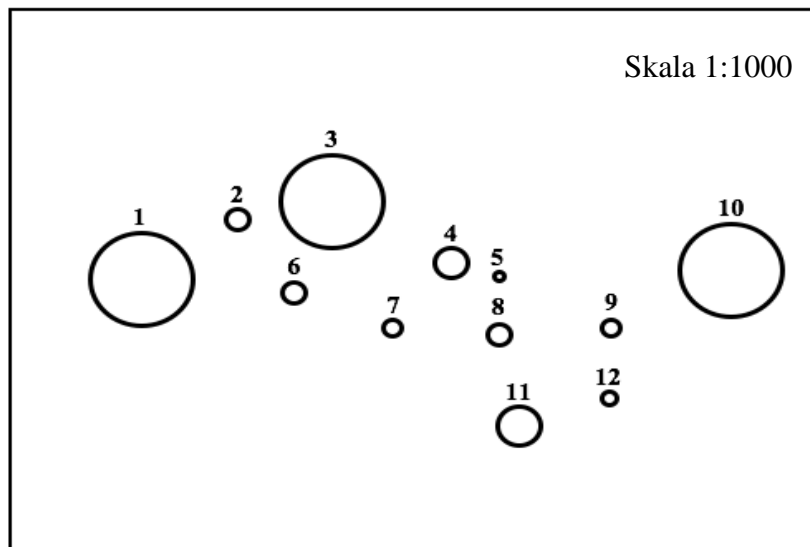
Kemudahan pemeliharaan alat juga dapat dipertimbangkan dalam penempatan alat-alat proses. Hal ini disebabkan karena pemeliharaan alat merupakan hal yang penting untuk menjaga alat beroperasi sebagaimana mestinya dan berumur panjang. Penempatan alat yang baik akan memberikan ruang gerak yang cukup untuk memperbaiki maupun untuk membersihkan peralatan.

## 4. Keamanan

Untuk alat-alat yang bersuhu tinggi diisolasi dengan bahan isolator, sehingga tidak membahayakan pekerja. Selain itu perlu disediakan pintu keluar darurat sehingga memudahkan para pekerja untuk menyelamatkan diri jika terjadi sesuatu yang tidak diinginkan.

## 5. Perluasan dan Pengembangan Pabrik

Setiap pabrik yang didirikan diharapkan dapat berkembang dengan penambahan unit sehingga diperlukan susunan pabrik yang memungkinkan adanya perluasan.



**Gambar 4.3** Layout Alat Proses

Keterangan:

1. Tangki PFAD (*Palm Fatty Acid Distillation*)
2. Tangki  $H_2SO_4$  (Asam Sulfat)
3. Tangki  $CH_3OH$  (*Methanol*)
4. Silo
5. *Mixer*
6. Reaktor
7. Netralizer
8. *Washing Tank*
9. Separator
10. Tangki ME (*Methyl Ester*)
11. Evaporator
12. Tangki  $CH_3OH$  (*Methanol*)

## 4.5. Alir Proses dan Material

### 4.5.1 Neraca Massa

#### 4.5.1.1 Reaktor (R-01)

**Tabel 4.2.** Neraca Massa di Reaktor-01

| Komponen                                              | Massa Input (Kg/Jam) |                    |            | Massa Output<br>(Kg/Jam) |
|-------------------------------------------------------|----------------------|--------------------|------------|--------------------------|
|                                                       | Arus 1               | Arus 2             | Arus 3     | Arus 4                   |
| FA                                                    | 15.547,9847          |                    |            | 2.128,1999               |
| Metanol<br>(CH <sub>4</sub> O)                        |                      | 17.839,9187        |            | 16.129,0425              |
| ME<br>(C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub> ) |                      |                    |            | 14.168,1931              |
| Air<br>(H <sub>2</sub> O)                             |                      | 180,2012           | 76,8342    | 1.219,4032               |
| Asam Sulfat<br>(H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )      |                      |                    | 3.764,8740 | 3.764,8740               |
| <b>Total</b>                                          |                      | <b>37.409,8127</b> |            | <b>37.409,8127</b>       |

#### 4.5.1.2 Reaktor (R-02)

**Tabel 4.3** Neraca Massa di Reaktor-02

| Komponen                       | Massa Input (Kg/Jam) | Output             |
|--------------------------------|----------------------|--------------------|
|                                | Arus 4               | Arus 5             |
| FA                             | 2.128,2992           | 175,6484           |
| CH <sub>4</sub> O              | 16.129,0909          | 15.880,8312        |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 3.764,8740           | 3.764,8740         |
| ME                             | 14.168,3552          | 16.229,9746        |
| H <sub>2</sub> O               | 1.219,5010           | 1359,5846          |
| <b>Total</b>                   | <b>37.409,8127</b>   | <b>37.409,8127</b> |

#### 4.5.1.3 Reaktor (R-03)

**Tabel 4.4** Neraca Massa di Reaktor-03

| Komponen     | Massa Input (Kg/Jam) | Output             |
|--------------|----------------------|--------------------|
|              | Arus 5               | Arus 6             |
| FA           | 175,5484             | 8,7148             |
| CH4O         | 15.880,8312          | 15.858,8038        |
| H2SO4        | 3.764,8740           | 3.764,8740         |
| ME           | 16.229,9746          | 16.406,1077        |
| H2O          | 1359,5846            | 1.371,4125         |
| <b>Total</b> | <b>37.409,8127</b>   | <b>37.409,8127</b> |

#### 4.5.1.4 Reaktor (R-04)

**Tabel 4.5** Neraca Massa di Reaktor-04

| Komponen     | Massa Input (Kg/Jam) | Output            |
|--------------|----------------------|-------------------|
|              | Arus 6               | Arus 7            |
| FA           | 8,6148               | 0,2584            |
| CH4O         | 15.858,8038          | 15.857,7384       |
| H2SO4        | 3.764,8740           | 3.764,8740        |
| ME           | 16.405,1077          | 16.414,9301       |
| H2O          | 1.371,4125           | 1.372,0117        |
| <b>Total</b> | <b>37409,8127</b>    | <b>37409,8127</b> |

#### 4.5.1.5 Mixer (M-01)

**Tabel 4.6** Neraca Massa di Mixer-01

| Komponen     | Massa Input (Kg/Jam) | Output            |
|--------------|----------------------|-------------------|
|              | Arus 8               | Arus 9            |
| NaOH         | 1.536,6859           | 1.536,6859        |
| H2O          | 31,0442              | 31,0442           |
| <b>Total</b> | <b>1.567,7300</b>    | <b>1.567,7300</b> |

#### 4.5.1.6. Netralizer (N-01)

**Tabel 4.7.** Neraca Massa di Netralizer-01

| Komponen        | Input              |                   | Output             |
|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------|
|                 | Arus 7             | Arus 10           | Arus 11            |
| FA              | 0,2584             |                   | 0,2584             |
| CH3OH           | 15.857,7384        |                   | 15.857,7384        |
| H2SO4           | 3.764,8740         |                   |                    |
| ME              | 16.414,9302        |                   | 16.414,9301        |
| H2O             | 1.372,0117         | 31,0442           | 2.786,0708         |
| NaOH            |                    | 3.073,3665        |                    |
| Na2SO4          |                    |                   | 5.455,2256         |
| <b>Subtotal</b> | <b>37.409,8127</b> | <b>3.104,4107</b> | <b>40.514,2234</b> |
| <b>Total</b>    | <b>40.514,2234</b> |                   | <b>40.514,2234</b> |

#### 4.5.1.7. Washing Tank (WT-01)

**Tabel 4.8** Neraca Massa di *Washing Tank*-01

| Komponen        | Input              |                   | Output             |
|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------|
|                 | Arus 11            | Arus 12           | Arus 13            |
| FA              | 0,2584             |                   | 0,2584             |
| CH3OH           | 15.857,7384        |                   | 15.857,7384        |
| H2SO4           |                    |                   |                    |
| ME              | 16.414,9301        |                   | 16.414,9301        |
| H2O             | 2.786,0708         | 1.886,4076        | 4.672,4785         |
| NaOH            |                    |                   |                    |
| Na2SO4          | 5.455,2256         |                   | 5.455,2256         |
| <b>Subtotal</b> | <b>40.514,2234</b> | <b>1.886,4076</b> | <b>42.400,6311</b> |
| <b>Total</b>    | <b>42.400,6311</b> |                   | <b>42.400,6311</b> |

#### 4.5.1.8. Separator (SE-01)

**Tabel 4.9.** Neraca Massa di Separator-01

| Komponen        | Input             | Output            |                   |
|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                 | Arus 13           | Arus 14           | Arus 15           |
| FA              | 0,2584            | 0                 | 0,2584            |
| CH3OH           | 15857,7384        | 15857,7384        |                   |
| H2SO4           |                   |                   |                   |
| ME              | 16414,9301        |                   | 16414,9301        |
| H2O             | 4672,4785         | 4670,1422         | 2,3362            |
| Na2SO4          | 5455,2256         | 5455,2256         |                   |
| <b>Subtotal</b> | <b>42400,6311</b> | <b>25983,1063</b> | <b>16417,5248</b> |
| <b>Total</b>    | <b>42400,6311</b> | <b>42400,6311</b> |                   |

#### 4.5.1.9. Evaporator (EV-01)

**Tabel 4.10.** Neraca Massa di Evaporator-01

| Komponen        | Input             | Output            |                   |
|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                 | Arus 15           | Arus 16           | Arus 17           |
| FA              | 0                 | 0                 |                   |
| CH3OH           | 15857,7384        |                   | 15699.162         |
| ME              |                   |                   |                   |
| H2O             | 4670,1422         | 4623,4408         | 45,1474           |
| NaOH            |                   |                   |                   |
| Na2SO4          | 5455,2256         | 4974,3035         |                   |
| <b>Subtotal</b> | <b>25983,1063</b> | <b>9443,8953</b>  | <b>15902,8867</b> |
| <b>Total</b>    | <b>25983,1063</b> | <b>25346,7820</b> |                   |

## 4.5.2 Neraca Panas

### 4.5.2.1 Reaktor (R-01)

**Tabel 4.11** Neraca Panas di Reaktor-01

| Keterangan    | Q <sub>input</sub> (kJ/jam) | Q <sub>output</sub> (kJ/jam) |
|---------------|-----------------------------|------------------------------|
| H1            | 3.207.637,9406              | -                            |
| H2            | -                           | 2.949.351,4076               |
| $\Delta$ HR   | 17.754.788,1385             | -                            |
| Q Pendinginan | -                           | 18.013.074,6714              |
| <b>Total</b>  | <b>20.962.426,0790</b>      | <b>20.962.426,0790</b>       |

### 4.5.2.2. Reaktor (R-02)

**Tabel 4.12.** Neraca Panas di Reaktor-02

| Keterangan    | Q <sub>input</sub> (kJ/jam) | Q <sub>output</sub> (kJ/jam) |
|---------------|-----------------------------|------------------------------|
| H1            | 3.626.443,1768              | -                            |
| H2            | -                           | 2.989.035,9645               |
| $\Delta$ HR   | 33.493.657,2083             | -                            |
| Q Pendinginan | -                           | 34.131.064,4205              |
| <b>Total</b>  | <b>37.120.100,3851</b>      | <b>37.120.100,3851</b>       |

### 4.5.2.3 Reaktor (R-03)

**Tabel 4.13** Neraca Panas di Reaktor-03

| Keterangan    | Q <sub>input</sub> (kJ/jam) | Q <sub>output</sub> (kJ/jam) |
|---------------|-----------------------------|------------------------------|
| H1            | 2.989.035,9645              | -                            |
| H2            | -                           | 2.989.211,8604               |
| $\Delta$ HR   | 35.613.653,6514             | -                            |
| Q Pendinginan | -                           | 35.613.477,7555              |
| <b>Total</b>  | <b>38.602.689,6159</b>      | <b>38.602.689,6159</b>       |

#### 4.5.2.4 Reaktor (R-04)

**Tabel 4.14** Neraca Panas di Reaktor-04

| Keterangan    | Q <sub>input</sub> (kJ/jam) | Q <sub>output</sub> (kJ/jam) |
|---------------|-----------------------------|------------------------------|
| H1            | 2.989.211,8604              | -                            |
| H2            | -                           | 2.989.220,7721               |
| ΔHR           | 35.786.448,8617             | -                            |
| Q Pendinginan | -                           | 35.786.439,9499              |
| <b>Total</b>  | <b>40.450.015,2400</b>      | <b>38.775.660,7221</b>       |

#### 4.5.2.5 Mixer (M-01)

**Tabel 4.15** Neraca Panas di Mixer-01

| Keterangan        | Q <sub>input</sub> (kJ/jam) | Q <sub>output</sub> (kJ/jam) |
|-------------------|-----------------------------|------------------------------|
| NaOH              | 16.482,4068                 | -                            |
| H <sub>2</sub> O  | 325.5349                    | -                            |
| ΔH <sub>OUT</sub> | -                           | 16.807,9417                  |
| <b>Total</b>      | <b>16.807,9417</b>          | <b>16.807,9417</b>           |

#### 4.5.2.6 Netralizer (N-01)

**Tabel 4.16** Neraca Panas di Netralizer-01

| Keterangan    | Q <sub>input</sub> (kJ/jam) | Q <sub>output</sub> (kJ/jam) |
|---------------|-----------------------------|------------------------------|
| H1            | 2.993.763,9742              | -                            |
| H2            | 684.258,6848                | -                            |
| H3            | -                           | 3.310.642,2616               |
| ΔHR           | 3.940.317,3290              | -                            |
| Q Pendinginan | -                           | 4.307.697,7264               |
| <b>Total</b>  | <b>7.618.339,9880</b>       | <b>7.618.339,9880</b>        |



#### 4.5.2.7. Washing Tank (WT-01)

**Tabel 4.17.** Neraca Panas di *Washing Tank*-01

| Keterangan   | $Q_{input}$ (kJ/jam)  | $Q_{output}$ (kJ/jam) |
|--------------|-----------------------|-----------------------|
| H1           | 3.310.642,2616        | -                     |
| H2           | 39.562,4534           | -                     |
| H3           | -                     | 3.350.204,7143        |
| <b>Total</b> | <b>3.350.204,7149</b> | <b>3.350.204,7143</b> |

#### 4.5.2.8. Separator (SE-01)

**Tabel 4.18.** Neraca Panas di Separator-01

| Keterangan   | $Q_{input}$ (kJ/jam)  | $Q_{output}$ (kJ/jam) |
|--------------|-----------------------|-----------------------|
| H1           | 3.350.204,7143        | -                     |
| H2           | -                     | 1.104.502,3874        |
| H3           | -                     | 2.245.702,3269        |
| <b>Total</b> | <b>3.350.204,7143</b> | <b>3.350.204,7143</b> |

#### 4.5.2.9. Evaporator (EV-01)

**Tabel 4.19.** Neraca Panas di Evaporator-01

| Keterangan          | $Q_{input}$ (kJ/jam)   | $Q_{output}$ (kJ/jam)  |
|---------------------|------------------------|------------------------|
| <i>Hin</i>          | 2.245.702,3269         | -                      |
| <i>Hout1</i>        | -                      | 1.872.927,7742         |
| <i>Hout2</i>        | -                      | 1.291.275,0987         |
| Hvap                | -                      | 8.696.765,9929         |
| $\Delta H_s$ masuk  | 12.373.032,1772        | -                      |
| $\Delta H_s$ keluar | -                      | 2.757.765,6384         |
| <b>Total</b>        | <b>14.618.734,5041</b> | <b>14.618.734,5041</b> |

## **4.6 Pelayanan Teknik (Utilitas)**

Untuk mendukung proses dalam suatu pabrik diperlukan sarana penunjang yang penting demi kelancaran jalannya proses produksi. Sarana penunjang merupakan sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai yang diinginkan.

Salah satu faktor yang menunjang kelancaran suatu proses produksi didalam pabrik yaitu penyediaan utilitas. Penyediaan utilitas ini meliputi :

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
2. Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*)
3. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
4. Unit Penyedia Udara Instrumen (*Instrument Air System*)
5. Unit Penyediaan Bahan Bakar

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

#### **4.6.1.1 Unit Penyediaan Air**

Untuk memenuhi kebutuhan air suatu pabrik pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut sebagai sumbernya.. Adapun penggunaan air sungai sebagai sumber air dengan pertimbangan sebagai berikut: Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana dan biaya pengolahan relatif murah dibandingkan dengan proses pengolahan air laut yang lebih rumit dan biaya pengolahannya umumnya lebih besar

1. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari
2. Jumlah air sungai lebih banyak dibanding dari air sumur.
3. Letak sungai berada tidak jauh dari lokasi pabrik.

Secara keseluruhan, kebutuhan air pada pabrik ini digunakan untuk keperluan:

### 1. Air Pendingin

Pada umumnya air digunakan sebagai pendingin karena pertimbangan sebagai berikut :

- 1) Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar.
- 2) Mudah pengolahan dan pengaturannya.
- 3) Dapat menyerap jumlah panas yang relatif tinggi persatuan volume.
- 4) Tidak Terdekomposisi.

### 2. Air Sanitasi

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

- 1) Syarat Fisika, meliputi:
  - a. Suhu: Dibawah suhu udara
  - b. Warna: Jernih
  - c. Rasa: Tidak berasa
  - d. Bau: Tidak berbau
- 2) Syarat Kimia, meliputi:
  - a. Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air.
  - b. Tidak beracun.
  - c. Kadar klor bebas sekitar 0,7 ppm.
- 3) Syarat Bakteriologis:

Tidak mengandung bakteri-bakteri, terutama bakteri patogen.

### 3. Air Umpan *Boiler* (*Boiler Feed Water*)

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan *boiler* adalah sebagai berikut:

1) Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi.

Korosi yang terjadi dalam *boiler* disebabkan air mengandung larutan-larutan asam, gas-gas terlarut seperti  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$  dan  $NH_3$ .  $O_2$  masuk karena aerasi maupun kontak dengan udara luar.

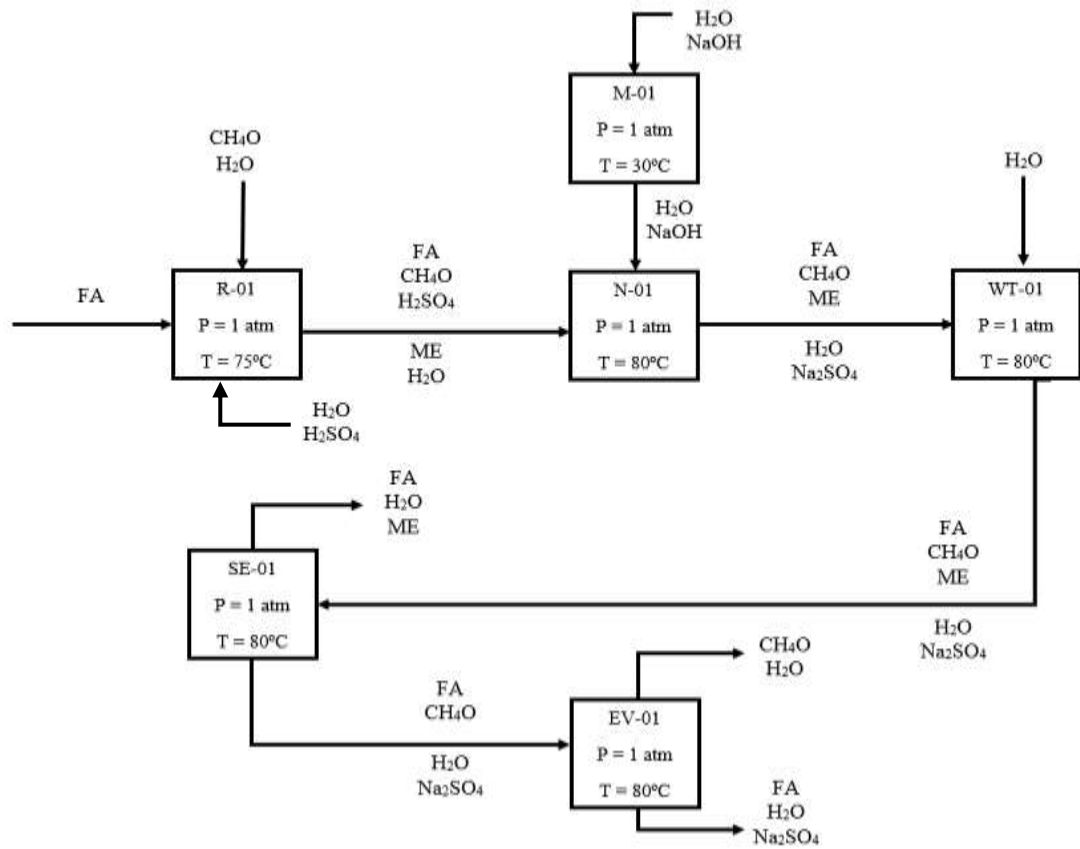
2) Zat yang dapat menyebabkan kerak (*scale forming*).

Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silika.

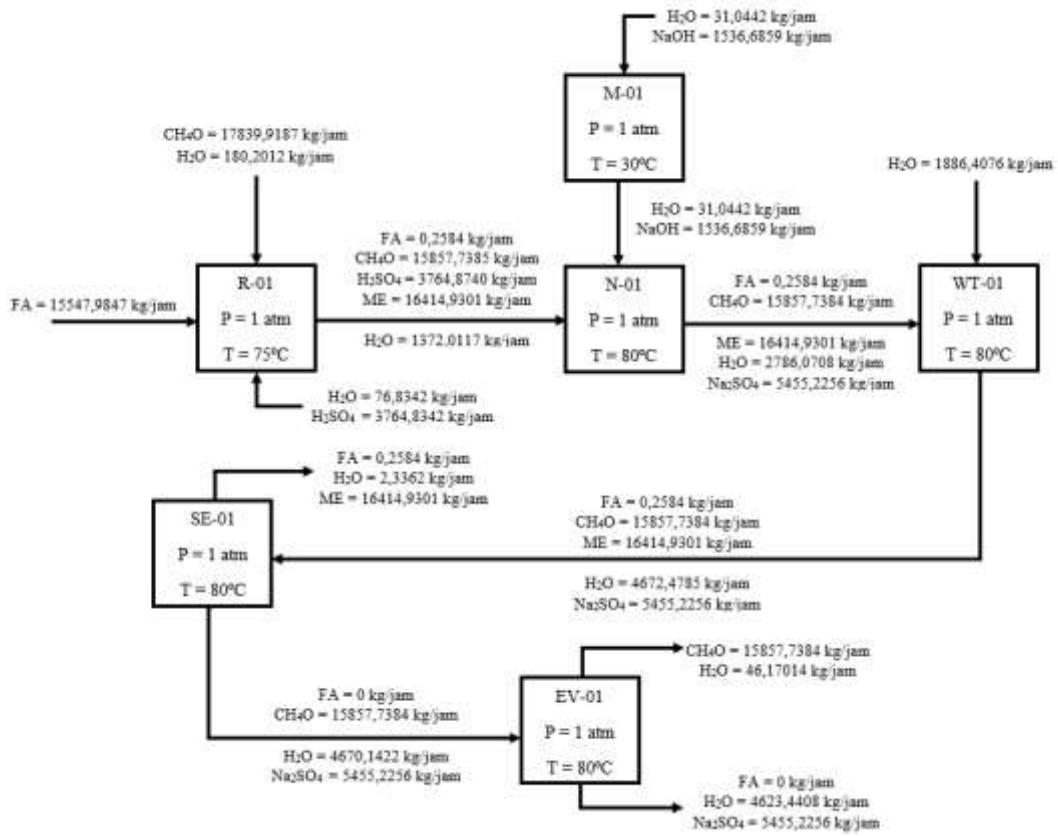
3) Zat yang menyebabkan *foaming*.

Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foaming* pada boiler karena adanya zat-zat organik yang tak larut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalitas tinggi.

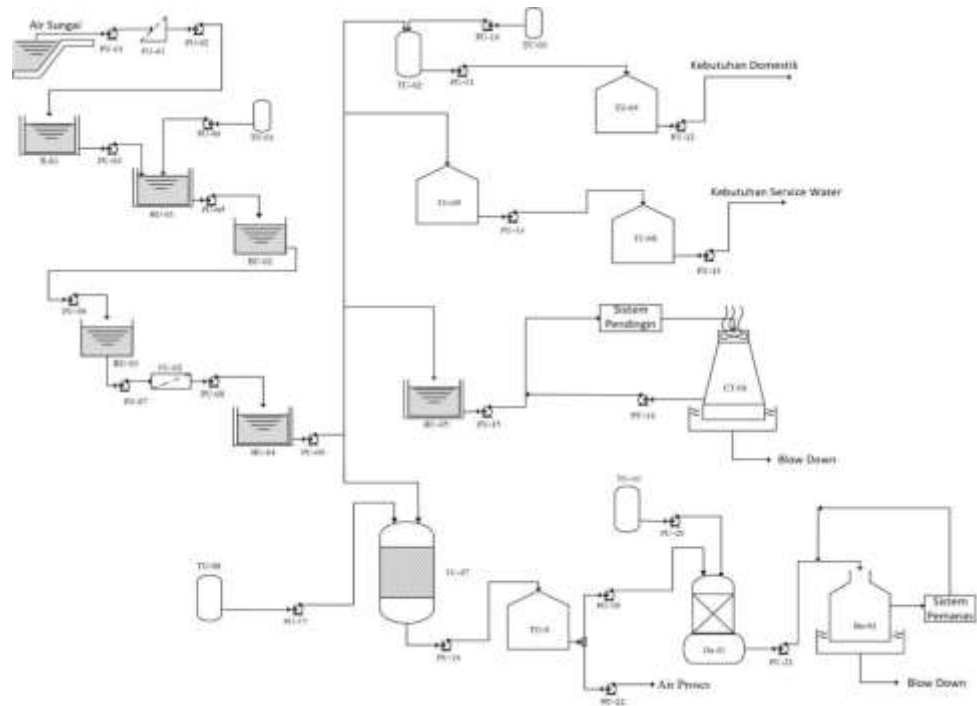
Berikut diagram alir pengolahan air beserta penjelasan tahap-tahap proses pengolahan air yang dilakukan meliputi:



**Gambar 4.4.** Diagram Alir Kualitatif



Gambar 4.5. Diagram Alir Kuantitatif



**Gambar 4.6** Unit Utilitas

Keterangan :

1. PU : Pompa Utilitas
2. FU-01 : *Screening*
3. R-01 : *Reservoir*
4. BU-01 : Bak Penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi)
5. TU-01 : Tangki Alum
6. BU-02 : Bak Pengendap I
7. BU-03 : Bak Pengendap II
8. FU-02 : *Sand Filter*
9. BU-04 : Bak Penampung Air Bersih
10. TU-02 : Tangki Klorinasi
11. TU-03 : Tangki Kaporit

12. TU-04 : Tangki Air Kebutuhan Domestik
13. TU-05 : Tangki *Service Water*
14. TU-06 : Tangki Air Bertekanan
15. BU-05 : Bak *Cooling Water*
16. CT-01 : *Cooling Tower*
17. TU-07 : *Mixed-Bed*
18. TU-08 : Tangki NaCl
19. TU-09 : Tangki Air Demin
20. TU-10 : Tangki N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>
21. De-01 : *Deaerator*
22. BO-01 : *Boiler*

a. Penghisapan

Air yang diambil dari sungai perlu adanya pemompaan yang selanjutnya air tersebut dialirkan menuju alat penyaringan (*screen*) untuk proses penyaringan untuk menghilangkan partikel kotoran yang berukuran cukup besar. Setelah tahap *screening* air akan ditampung di dalam *reservoir*.

b. Penyaringan (*Screening*)

Sebelum air dari sungai akan digunakan sebagai air bersih, maka pada proses ini air disaring untuk memisahkan kotoran-kotoran yang berukuran besar, misalnya: daun, ranting, dan sampah-sampah lainnya. Pada tahap *screening* partikel yang berukuran padat dan besar akan tersaring secara langsung tanpa menggunakan bahan kimia. Sementara untuk partikel yang kecil masih akan terbawa bersama air yang kemudian akan diolah ke



tahap pengolahan air berikutnya. Tujuan penyaringan yaitu untuk memisahkan kotoran yang besar agar tidak terikut ke pengolahan selanjutnya, sehingga pada sisi isap pompa perlu dipasang saringan (*screen*) dan ditambah fasilitas pembilas agar meminimalisir alat *screen* menjadi kotor.

c. Penampungan (*Reservoir*)

Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai dengan proses sedimentasi. Kotoran kasar yang terdapat dalam air akan mengalami pengendapan yang terjadi karena gravitasi.

d. Koagulasi

Koagulasi merupakan proses penggumpalan akibat penambahan zat kimia atau bahan koagulan ke dalam air. Koagulan yang digunakan adalah tawas atau Aluminium Sulfat ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ), yang merupakan garam yang berasal dari basa lemah dan asam kuat, sehingga dalam air yang mempunyai suasana basa akan mudah terhidrolisa. Untuk memperoleh sifat alkalis agar proses flokulasi dapat berjalan efektif, sering ditambahkan kapur ke dalam air. Selain itu kapur juga berfungsi untuk mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat dalam air untuk membuat suasana basa sehingga mempermudah penggumpalan. Sedangkan pada proses Flokulasi bertujuan untuk mengendapkan kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan, untuk menggumpalkan kotoran.

e. Bak Pengendap 1 dan Bak Pengendap 2

Tujuan dari adanya bak pengendap 1 dan 2 ini adalah mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (menghilangkan flokulasi). Endapan serta flok yang berasal dari proses koagulasi akan

diendapkan pada bak pengendap 1 dan bak pengendap 2.

f. Penyaringan (*Sand Filter*)

Pada tahap ini terjadi proses filtrasi dimana air yang keluar dari bak pengendap 2 masih terdapat kandungan padatan tersuspensi, sehingga harus di proses ke alat filter untuk difiltrasi. Unit ini berfungsi untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung di dalam air, seperti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ , dan lain-lain dengan menggunakan resin. Air yang diperoleh adalah air bebas mineral yang akan diproses lebih lanjut menjadi air umpan ketel (*Boiler Feed Water*).

g. Bak Penampung Air Bersih

Air yang sudah melalui tahap filtrasi sudah bias disebut dengan air bersih. Kemudian air keluaran proses filtrasi akan ditampung dalam bak penampungan air bersih. Dalam hal ini air bersih yang ditampung langsung dapat digunakan sebagai air layanan umum (*service water*) serta untuk air pendingin. Kegunaan air bersih ini juga dapat digunakan untuk *domestic water* dan *boiler feed water*, namun air harus di desinfektanisasi terlebih dahulu menggunakan resin untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung dalam air seperti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  dimana tujuan penghilangan mineral-mineral tersebut untuk menghasilkan air demin yang melalui proses demineralisasi.

h. Demineralisasi

Pada proses demineralisasi bertujuan untuk menyiapkan air yang digunakan untuk *boiler feed water* dan air ini harus murni serta bebas dari kadar mineral-mineral yang terlarut didalamnya. Proses demineralisasi ini dapat dilakukan dengan alat yang terdiri dari penukaran anion (*anion exchanger*) dan kation (*cation exchanger*). Demineralisasi diperlukan karena air umpan *boiler* memerlukan syarat-syarat :

- 1) Tidak menimbulkan kerak pada kondisi *steam* yang dikehendaki maupun pada *tube heat exchanger*. Jika steam digunakan sebagai pemanas yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silica, hal ini akan mengakibatkan turunnya efisiensi operasi, bahkan bisa mengakibatkan boiler tidak beroperasi sama sekali.
- 2) Bebas dari gas-gas yang dapat menimbulkan korosi terutama gas O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S dan NH<sub>3</sub>.
- 3) Bebas dari zat yang menyebabkan *foaming*

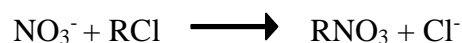
Air yang diambil dari proses pemanasan biasanya menyebabkan *foaming* pada boiler karena adanya zat-zat organik, anorganik dan zat-zat yang tidak larut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terjadi akibat adanya alkalinitas yang tinggi.

Pengolahan air di unit demineralisasi, yaitu :

Proses *Cation Exchanger* dan *Anion Exchanger* berlangsung pada Resin *Mixed-Bed*. Resin *Mixed-Bed* adalah kolom resin campuran antara resin kation dan resin anion. Air yang mengandung kation dan anion bila dilewatkan ke Resin *Mixed-Bed* tersebut, kation akan terambil oleh resin kation dan anion akan terambil oleh resin anion. Saat resin kation dan anion telah jenuh oleh ion-ion, resin penukar kation dan anion akan diregenerasi kembali.

- Anion (*Anion Exchanger*)

*Anion Exchanger* memiliki fungsi untuk mengikat ion-ion negatif yang larut dalam air dengan resin yang memiliki sifat basa, yang memiliki formula RCl. Sehingga anion-anion seperti NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, dan SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> akan membantu garam resin tersebut. Sebelum di regenerasi anion yang terbentuk di dalam reaksi adalah sebagai berikut:



Ion NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dapat menggantikan ion Cl<sup>-</sup> yang ada dalam resin

karena selektivitas  $\text{NO}_3^-$  lebih besar dari selektivitas  $\text{OH}^-$ .

Urutan selektivitas anion adalah sebagai berikut:



Saat resin anion telah jenuh, maka resin penukar anion akan diregenerasi kembali. Larutan peregenerasi yang digunakan adalah NaCl.

Reaksi Regenerasi :

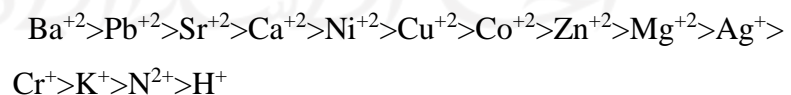


- Kation (*Cation Exchanger*)

*Cation Exchanger* merupakan resin penukar kation. Untuk *cation exchanger* berupa resin padat yang sering ada dipasaran yaitu kation dengan formula  $\text{RSO}_3\text{H}$  dan  $(\text{RSO}_3)\text{Na}$ , dimana pengganti kation-kation yang dikandung dalam air akan diganti dengan ion  $\text{H}^+$  atau  $\text{Na}^+$ . karena disini kita menggunakan ion  $\text{Na}^+$  sehingga air akan keluar dari *Cation Exchanger* adalah air yang mengandung anion dan ion  $\text{Na}^+$ . Reaksi penukar kation :



Ion  $\text{Mg}^{2+}$  dapat menggantikan ion  $\text{Na}^+$  yang ada dalam resin karena selektivitas  $\text{Mg}^{2+}$  lebih besar dari selektivitas  $\text{Na}^+$ . Urutan selektivitas kation adalah sebagai berikut :



Saat resin kation telah jenuh, maka resin penukar kation akan diregenerasi kembali. Larutan peregenerasi yang digunakan adalah NaCl.

Reaksi Regenerasi :



- *Deaerator*

Unit *Deaerator* ini bertujuan untuk menghilangkan gas CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> yang terikat dalam *feed water*. Air yang sudah mengalami demineralisasi biasanya masih ada kandungan gas-gas terlarut terutama CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub>. Gas-gas tersebut harus dihilangkan dari air karena dapat menimbulkan korosi. Gas-gas tersebut dihilangkan dalam suatu deaerator. Dalam unit deaerator diinjeksikan zat-zat kimia sebagai berikut :

- Hidrazin yang berfungsi mengikat oksigen berdasarkan reaksi berikut:



- Berdasarkan reaksi tersebut maka hidrazin berfungsi untuk menghilangkan sisa-sisa gas yang terlarut terutama O<sub>2</sub> sehingga tidak terjadinya korosi. Unit Deaerator memiliki fungsi untuk memanaskan air yang keluar dari proses pertukaran ion yang terjadi di alat penukar ion (*ion exchanger*) dan sisa kondensat yang belum dikirim sebagai umpan ketel, pada unit deaerator air dipanaskan hingga suhu mencapai 90°C agar gas - gas yang terlarut dalam air yaitu O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> dapat dihilangkan.

Hal ini disebabkan gas-gas tersebut dapat menimbulkan suatu reaksi kimia yang dapat menyebabkan terjadinya bintik-bintik yang semakin menebal dan pada akhirnya akan menutupi permukaan pipa-pipa , hal itulah penyebab terjadinya korosi pada pipa-pipa ketel. Dalam hal ini perlu adanya pemanasan yaitu pemanasan dilakukan dengan menggunakan koil pemanas yang ada di dalam deaerator.

### 3. Kebutuhan Air

#### a. Kebutuhan Air Pembangkit *Steam*/Pemanas

**Tabel 4.20** Kebutuhan Air Pembangkit *Steam*/Pemanas

| Nama Alat        | Kode  | Jumlah (kg/jam) |
|------------------|-------|-----------------|
| Evaporator-01    | EV-01 | 691,2641        |
| <i>Heater-01</i> | HE-01 | 652,9360        |
| <i>Heater-02</i> | HE-02 | 81,7919         |
| <i>Heater-03</i> | HE-03 | 47,2859         |
| Tangki-01        | T-01  | 360,7421        |
| Total            |       | 1.834,0200      |

Direncanakan *steam* yang digunakan adalah saturated steam dengan kondisi :  $P = 14,69 \text{ psia} = 1 \text{ atm}$

$$T = 145 \text{ oC} = 418 \text{ K}$$

$$\text{Faktor keamanan} = 20 \%$$

Perancangan dibuat *over design* sebesar 20%

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan steam} &= 20\% \times 1.834,0200 \text{ kg/jam} \\ &= 2.200,8240 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Blowdown} &= 15\% \times \text{kebutuhan steam} \\ &= 15\% \times 2.200,8240 \text{ kg/jam} \\ &= 330,1236 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Steam Trap} &= 5\% \times \text{kebutuhan steam} \\ &= 5\% \times 22.200,8240 \text{ kg/jam} \\ &= 110,0412 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Kebutuhan air *make up* untuk steam

$$= \text{Blowdown} + \text{Steam Trap}$$

$$= 330,1236 \text{ kg/jam} + 110,0412 \text{ kg/jam}$$

$$= 528,1978 \text{ kg/jam}$$

b. Air Pendingin

**Tabel 4.21.** Kebutuhan Air Proses Pendingin

| Nama Alat     | Kode  | Jumlah (kg/jam) |
|---------------|-------|-----------------|
| Reaktor 01    | R-01  | 285.547,8884    |
| Reaktor 02    | R-02  | 541.054,4037    |
| Reaktor 03    | R-03  | 564.554,0008    |
| Reaktor 04    | R-04  | 567.295,8420    |
| Netralizer 01 | N-01  | 68.286,7313     |
| Cooler 01     | C-01  | 14.954,5916     |
| Cooler 02     | C-02  | 18.897,1175     |
| Condensor-01  | CD-01 | 267.007,0579    |
| Total         |       | 2.327.597,6332  |

Perancangan dibuat *over design* sebesar 20%, maka kebutuhan air pendingin menjadi :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air pendingin} &= 20\% \times 2.327.597,6332 \text{ kg/jam} \\ &= 2.793.117,1598 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

- Jumlah air yang menguap ( $W_e$ )

$$= 0,00085 \times W_c \times (T_{in} - T_{out}) \text{ (Perry, Pers. 12-14c)}$$

$$= 0,00085 \times 35.612,2438 \times 15$$

$$= 35.612,2438 \text{ kg/jam}$$

- *Drift Loss* ( $W_d$ )

$$= 0,0002 \times W_c \text{ (Perry, Pers. 12-14c)}$$

$$= 0,0002 \times 35.612,2438$$

$$= 558,6234 \text{ kg/jam-}$$

*Blowdown* ( $W_b$ ) (*cycle* yang dipilih 4 kali) (Perry, Pers. 12-14e)

$$= \frac{W_e - (\text{cycle} - 1) W_d}{\text{cycle} - 1}$$

$$= \frac{35.612,2438 - (4 - 1) 558,6234}{4 - 1}$$

$$= 11.312,1245 \text{ kg/jam}$$

Sehingga jumlah *makeup* air adalah :

$$- W_e = 35.612,2438 \text{ kg/jam}$$

$$- W_d = 558,6234 \text{ kg/jam}$$

$$- W_b = 11.312,1245 \text{ kg/jam}$$

Kebutuhan *Make Up Water* ( $W_m$ )

$$W_m = W_e + W_d + W_b$$

$$W_m = 35.612,2438 \text{ kg/jam} + 558,6234 \text{ kg/jam} + 11.312,1245 \text{ kg/jam}$$

$$W_m = 47.482,9917 \text{ kg/jam}$$

c. Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik terdiri dari kebutuhan air untuk tempat tinggal area mess dan kebutuhan air karyawan.

d. Kebutuhan Air karyawan

Menurut standar WHO, kebutuhan air untuk 1 orang adalah 100-120 liter/hari

$$\text{Diambil kebutuhan air tiap orang} = 100 \text{ liter/hari}$$



= 4,1667 kg/jam

Jumlah karyawan = 190 orang

Kebutuhan air untuk semua karyawan = 773,8579 kg/jam

4) Kebutuhan Air area *mess*

Jumlah *mess* = 20 rumah

Penghuni *mess* = 60 orang

Kebutuhan air untuk *mess* = 200 kg/hari

Total kebutuhan air domestik = (18.572,5892 + 10.000) kg/jam

= 28,572,5892 kg/jam

a. Kebutuhan *Service Water*

Kebutuhan air *service water* diperkirakan sekitar 500 kg/jam. Perkiraan kebutuhan air ini nantinya akan digunakan untuk layanan umum yang meliputi laboratorium, masjid, pemadam kebakaran, kantin, bengkel dan lain-lain.

b. Kebutuhan Air Proses

Kebutuhan air proses atau disebut juga *demin water* adalah air yang digunakan untuk menjalankan proses pada suatu pabrik, adapun kebutuhan air proses atau *demin water* total adalah sebesar 146,951 kg/jam dimana hal tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 4.22** Kebutuhan Air Proses (*Demin Water*)

| Alat            | Fungsi                 | Air Proses ( <i>demin</i> )<br>(kg/jam) |
|-----------------|------------------------|-----------------------------------------|
| <i>Mixer</i> 01 | Air Proses menuju M-01 | 15,5221                                 |
| Total           |                        | 15,5221                                 |

Sehingga dapat dilihat total kebutuhan air adalah sebesar 2.822.933,4689 kg/jam dapat dilihat dari tabel dibawah ini.

**Tabel 4.23** Total Kebutuhan Air

| No. | Keperluan             | Jumlah (kg/jam) |
|-----|-----------------------|-----------------|
| 1   | <i>Domestik Water</i> | 28.572,5892     |
| 2   | <i>Service Water</i>  | 700,0000        |
| 3   | <i>Cooling Water</i>  | 2.793.117,1598  |
| 4   | <i>Steam Water</i>    | 528,1978        |
| 5   | <i>Demin Water</i>    | 15,5221         |
|     | Total                 | 2.822.933,4689  |

3. Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)

Unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan *steam* pada proses produksi, yang dengan menyediakan ketel uap (*boiler*) dengan spesifikasi :

Kapasitas: 2.200,8240 kg/jam

Jenis: *Water Tube Boiler* Jumlah : 1 buah

*Boiler* tersebut dilengkapi dengan sebuah unit *economizer* *safety valve* sistem dan pengaman yang bekerja secara otomatis. Air dari *water treatment plant* yang akan digunakan sebagai umpan *boiler* terlebih dahulu diatur kadar silika, O<sub>2</sub>, Ca dan Mg yang mungkin masih terikut dengan jalan menambahkan bahan-bahan kimia ke dalam *boiler feed water tank*. Selain itu juga perlu diatur pHnya yaitu sekitar 10,5-11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi korosivitasnya tinggi.

Sebelum masuk ke *boiler*, umpan dimasukkan dahulu ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran minyak residu yang keluar dari *boiler*. Di dalam alat ini air dinaikkan temperaturnya hingga 150°C, kemudian diumpankan ke *boiler*. Di dalam *boiler*, api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa-pipa api. Gas sisa pembakaran

ini masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air di dalam *boiler* menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa-pipa api maka air menjadi mendidih. Uap air yang terbentuk terkumpul sampai mencapai tekanan 10 bar, baru kemudian dialirkan ke steam *header* untuk didistribusikan ke area- area proses.

#### 4. Unit pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Pabrik biodiesel kebutuhan listriknya diperoleh dari PLN dan generator diesel. Dimana fungsi generator diesel yaitu sebagai tenaga cadangan saat terjadinya gangguan atau pemadaman listrik oleh PLN. Berikut spesifikasi generator diesel yang digunakan yaitu :

Kapasitas = 2.400 kW

Jumlah = 1 buah

Berikut rincian untuk kebutuhan listrik pabrik :

- a) Kebutuhan Listrik untuk alat proses.

**Tabel 4.24.** Kebutuhan Listrik Proses

| Alat                  | Kode Alat | Daya   |             |
|-----------------------|-----------|--------|-------------|
|                       |           | Hp     | Watt        |
| Reaktor-01            | RE-01     | 25,000 | 18.642,5000 |
| Reaktor-02            | RE-02     | 25,000 | 18.642,5000 |
| Reaktor-03            | RE-03     | 25,000 | 18.642,5000 |
| Reaktor-04            | RE-04     | 25,000 | 18.642,5000 |
| Netralizer-01         | NE-01     | 15,000 | 11.185,5000 |
| <i>Mixer</i>          | M-01      | 0,1667 | 124,2833    |
| <i>Washing Tank</i>   | WT-01     | 15,000 | 11.185,5000 |
| <i>Screw Conveyor</i> | SC-01     | 1,5000 | 1.118,5500  |
| Pompa-01              | P-01      | 1,5000 | 1.118,5500  |

|              |      |                 |                     |
|--------------|------|-----------------|---------------------|
| Pompa-02     | P-02 | 1,5000          | 1.118,5500          |
| Pompa-03     | P-03 | 0,7500          | 559,2750            |
| Pompa-04     | P-04 | 2,0000          | 1.491,4000          |
| Pompa-05     | P-05 | 2,0000          | 1.491,4000          |
| Pompa-06     | P-06 | 2,0000          | 1.491,4000          |
| Pompa-07     | P-07 | 1,5000          | 1.118,5500          |
| Pompa-08     | P-08 | 0,7500          | 559,2750            |
| Pompa-09     | P-09 | 1,0000          | 745,7000            |
| Pompa-10     | P-10 | 0,1250          | 93,2125             |
| Pompa-11     | P-11 | 1,5000          | 1.118,5500          |
| Pompa-12     | P-12 | 1,5000          | 1.118,5500          |
| Pompa-13     | P-13 | 3,0000          | 2.237,1000          |
| Pompa-14     | P-14 | 1,0000          | 745,7000            |
| <b>Total</b> |      | <b>151,7917</b> | <b>113.191,0458</b> |

Power yang dibutuhkan = 113.191,0458 Watt  
= 113,1910 kW

a) Kebutuhan Listrik untuk utilitas

**Tabel 4.25** Kebutuhan Listrik Utilitas

| Alat                                     | Kode Alat | Daya     |              |
|------------------------------------------|-----------|----------|--------------|
|                                          |           | Hp       | Watt         |
| Bak Penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi) | BU-01     | 2,0000   | 1491,4000    |
| <i>Blower Cooling Tower</i>              | BL-01     | 200,0000 | 149.140,0000 |
| Kompresor Udara                          | CP-01     | 5,0000   | 4.474,2000   |
| Pompa-01                                 | PU-01     | 200,0000 | 149.140,0000 |
| Pompa-02                                 | PU-02     | 200,0000 | 149.140,0000 |
| Pompa-03                                 | PU-03     | 200,0000 | 149.140,0000 |

|              |       |                   |                       |
|--------------|-------|-------------------|-----------------------|
| Pompa-04     | PU-04 | 0,1250            | 93,2125               |
| Pompa-05     | PU-05 | 200,0000          | 149.140,0000          |
| Pompa-06     | PU-06 | 200,0000          | 149.140,0000          |
| Pompa-07     | PU-07 | 75,0000           | 55.927,5000           |
| Pompa-08     | PU-08 | 150,0000          | 111.855,0000          |
| Pompa-09     | PU-09 | 150,0000          | 111.855,0000          |
| Pompa-10     | PU-10 | 0,0500            | 37,2850               |
| Pompa-11     | PU-11 | 3,0000            | 2.237,1000            |
| Pompa-12     | PU-12 | 3,0000            | 2.237,1000            |
| Pompa-13     | PU-13 | 0,1250            | 93,2125               |
| Pompa-14     | PU-14 | 0,0500            | 37,2850               |
| Pompa-15     | PU-15 | 75,0000           | 55.927,5000           |
| Pompa-16     | PU-16 | 75,0000           | 55.927,5000           |
| Pompa-17     | PU-17 | 0,0833            | 62,1417               |
| Pompa-18     | PU-18 | 0,2500            | 186,4250              |
| Pompa-19     | PU-19 | 0,0833            | 62,1417               |
| Pompa-20     | PU-20 | 0,0833            | 62,1417               |
| Pompa-21     | PU-21 | 0,0833            | 62,1417               |
| <b>Total</b> |       | <b>1.739,9333</b> | <b>1.297.468,2867</b> |

*Power yang dibutuhkan* = 1.297.468,2867 Watt

= 1.297,4683 kW

b) Kebutuhan listrik untuk penerangan dan AC

- Listrik yang digunakan untuk AC diperkirakan sekitar 20 kW

- Listrik yang digunakan untuk penerangan sekitar 150 kW

c) Kebutuhan Listrik untuk bengkel dan laboratorium

- Listrik untuk bengkel dan laboratorium sekitar 100 kW

d) Kebutuhan Listrik untuk instrumentasi

- Listrik untuk instrumentasi sekitar 30 kW

Berikut rincian kebutuhan listrik pada Pabrik Biodiesel

**Tabel 4.26** Rincian Kebutuhan Listrik

| No           | Keperluan                | Kebutuhan (Kw)    |
|--------------|--------------------------|-------------------|
| 1            | Kebutuhan <i>Plant</i>   |                   |
|              | a. Proses                | 113,1910          |
|              | b. Utilitas              | 1.297,4683        |
| 2            | a. Listrik Ac            | 20                |
|              | b. Listrik Penerangan    | 150               |
| 3            | Laboratorium dan Bengkel | 100               |
| 4            | Instrumentasi            | 30                |
| <b>Total</b> |                          | <b>1.710,6593</b> |

Total kebutuhan listrik untuk keseluruhan proses adalah 1.710,6593 kW. Dengan faktor daya sebesar 80% maka kebutuhan listrik total sebesar 2.138,3242 kW. Kebutuhan listrik dipenuhi dari PLN dan generator sebagai cadangannya.

#### 4. Unit Penyediaan Udara Tekan

Udara tekan diperlukan untuk pemakaian alat *pneumatic control*. Total kebutuhan udara tekan diperkirakan 50,976 m<sup>3</sup>/jam.

#### 5. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit penyediaan bahan bakar mempunyai fungsi untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar pada *boiler* dan *generator*. Jenis bahan bakar yang digunakan untuk *generator* yaitu solar sebanyak 202,9594 kg/jam. Sedangkan untuk bahan bakar *fuel oil* yang digunakan pada *boiler* sebanyak 236,5176 kg/jam. Bahan bakar tersebut diperoleh dari PT. Pertamina Persero Terminal BBM Medan Group.

#### 6. Unit Pengolahan Limbah

Limbah pabrik biodiesel dikategorikan menjadi limbah cair

dan limbah padat. Pertama, limbah cair berasal dari pembuangan air sanitasi seperti air bekas pencucian, air masak dan lain-lain. Penanganan limbah air sanitasi tidak membutuhkan penanganan khusus sama seperti limbah rumah tangga lainnya karena tidak mengandung bahan kimia yang berbahaya.

Yang perlu diperhatikan adalah volume buangan dan tempat pembuangan air limbah. Kedua, limbah cair dari sanitasi air limbah laboratorium dan limbah cair proses merupakan limbah yang berasal dari setiap kegiatan dipabrik biodiesel harus diolah agar sesuai dengan peraturan pemerintah yaitu nilai *COD* maksimal 100 mg/l, *BOD* maksimal 20 mg/l, *TSS* maksimal 80 mg/l, *oil* maksimal 5 mg/l dan pH berkisar antara 6,5-8,5. Terakhir, limbah hasil proses berupa limbah padat dan cair, untuk limbah padat biasanya garam yang dihasilkan dari proses dan limbah cair biasanya berupa limbah minyak yang tertinggal selama proses produksi.

## **4.7 Organisasi Perusahaan**

### **4.7.1 Bentuk Perusahaan**

Bentuk Perusahaan yang direncanakan pada perancangan pabrik Biodiesel ini adalah Perseroan Terbatas (PT). Perseroan terbatas merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih.

Saham adalah surat berharga yang dikeluarkan oleh perusahaan atau PT tersebut dan orang yang memiliki saham berarti telah menyetorkan modal ke perusahaan, yang berarti pula ikut memiliki perusahaan. Dalam perseroan terbatas pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap-tiap saham.

Bentuk perusahaan-perusahaan besar, rata-rata menggunakan

bentuk Perseroan Terbatas (PT/korporasi). Dan bentuk PT ini adalah asosiasi pemegang saham yang diciptakan berdasarkan hukum dan dianggap sebagai badan hukum.

Bentuk Perusahaan PT dipilih berdasarkan beberapa faktor yang mendukung antara lain :

1. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, dikarenakan jika pemegang saham berhenti dari jabatannya maka tidak ada pengaruhnya terhadap direksi, staf maupun karyawan yang bekerja di dalam perusahaan.
2. Penjualan saham perusahaan merupakan cara yang tepat untuk mendapatkan modal.
3. Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan
4. Para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur perusahaan yang ditinjau dari berbagai pengalaman, sikap dan caranya mengatur waktu.

#### **4.7.2. Struktur Organisasi**

Dalam rangka menjalankan suatu proses pabrik dengan baik dalam hal ini di suatu perusahaan, diperlukan suatu manajemen atau organisasi yang memiliki pembagian tugas dan wewenang yang baik.

Struktur organisasi dari suatu perusahaan dapat bermacam-macam sesuai dengan bentuk dan kebutuhan dari masing-masing perusahaan.

Jenjang kepemimpinan dalam perusahaan ini adalah sebagai berikut:

- a. Pemegang saham
- b. Direktur Utama
- c. Staff Ahli
- d. Kepala Bagian
- e. Kepala Seksi
- f. Karyawan dan Operator



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

Untuk mendapatkan suatu sistem organisasi yang terbaik maka perlu diperhatikan beberapa azas yang dapat dijadikan pedoman, antara lain:

1. Perumusan tujuan perusahaan dengan jelas
2. Pendelegasian wewenang.
3. Pembagian tugas kerja yang jelas.
4. Kesatuan perintah dan tanggung jawab.
5. Sistem pengontrol atas pekerjaan yang telah dilaksanakan
6. Organisasi perusahaan yang fleksibel.

Dengan berpedoman terhadap azas - azas tersebut, maka diperoleh bentuk struktur organisasi yang baik, yaitu : sistem *line* dan staf. Pada sistem ini, garis kekuasaan sederhana dan praktis.

Demikian pula kebaikan dalam pembagian tugas kerja seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional, sehingga seorang karyawan hanya bertanggung jawab pada seorang atasan saja. Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri atas orang-orang yang ahli dalam bidangnya. Staf ahli akan memberi bantuan pemikiran dan nasehat pada tingkat pengawas demi tercapainya tujuan perusahaan.

Ada dua kelompok orang-orang yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi garis dan staf ini, yaitu:

1. Sebagai garis atau *line* yaitu orang-orang yang menjalankan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.

2. Sebagai staf yaitu orang - orang yang melakukan tugasnya dengan keahlian yang dimilikinya, dalam hal ini berfungsi untuk memberikan saran-saran kepada unit operasional.

Ada dua kelompok orang-orang yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi garis dan staf ini, yaitu:

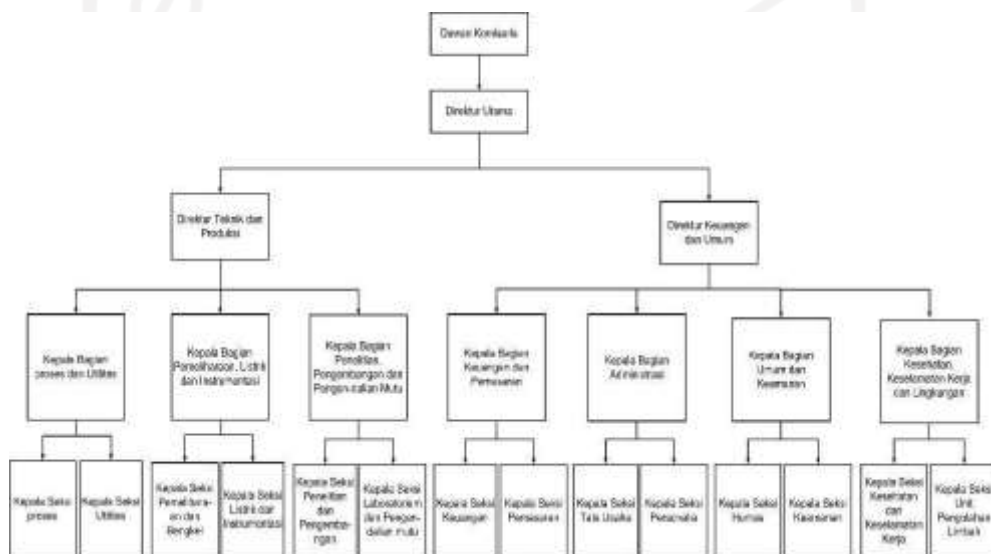
Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan, dalam pelaksanaan tugas sehari - harinya diwakili oleh seorang Dewan Komisaris, sedangkan tugas menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum. Dimana Direktur Teknik dan Produksi membawahi bidang produksi, pengendalian, utilitas dan pemeliharaan. Sedangkan Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum membawahi bidang pembelian dan pemasaran, administrasi, keuangan dan umum, serta penelitian dan pengembangan. Direktur ini membawahi beberapa kepala bagian yang bertanggung jawab atas bawahannya sebagai bagian dari pendelegasian wewenang dan tanggung jawab.

Masing-masing kepala bagian akan membawahi beberapa seksi yang dikepalai oleh kepala seksi dan masing-masing seksi akan membawahi dan mengawasi para karyawan perusahaan pada masing-masing bidangnya. Karyawan perusahaan akan dibagi dalam beberapa kelompok regu yang dipimpin oleh masing-masing kepala regu, dimana kepala regu akan bertanggung jawab kepada pengawas pada masing masing seksi. Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri dari orang-orang yang ahli di bidangnya. Staf ahli akan memberikan bantuan pemikiran dan nasehat kepada tingkat pengawas, demi tercapainya tujuan perusahaan. Manfaat adanya struktur organisasi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Menjelaskan mengenai pembatasan tugas, tanggung jawab dan wewenang.

2. Sebagai bahan orientasi untuk pejabat.
3. Penempatan pegawai yang lebih tepat.
4. Penyusunan program pengembangan manajemen.
5. langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti Mengatur kembali kurang lancar.

Berikut gambar struktur organisasi pabrik Biodiesel kapasitas 130.000 ton/tahun.



**Gambar 4.7** Struktur Organisasi Pabrik

Berdasarkan gambar struktur tersebut telah dijelaskan sebelumnya urutan tugas dari masing-masing pekerja yang terikat di dalam perusahaan dari jabatan yang teratas sampai yang terbawah.

#### a) Tugas dan Wewenang

##### 1. Pemegang Saham

Pemegang saham (pemilik perusahaan) adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk perseroan terbatas adalah rapat umum pemegang saham. Pada rapat umum

tersebut para pemegang saham:

- Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris
- Mengangkat dan memberhentikan direktur

Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan

## 2. Dewan Komisaris

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

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

## 3. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya dalam hal maju mundurnya perusahaan. Direktur Utama bertanggung jawab pada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur Utama membawahi Direktur Produksi dan Teknik, serta Direktur Keuangan dan Umum. Direktur utama membawahi :

### 1. Direktur Teknik dan Produksi

Tugas dari Direktur Teknik dan Produksi adalah memimpin pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang produksi dan operasi, teknik, pengembangan, pemeliharaan peralatan, pengadaan, dan laboratorium.

### 2. Direktur Keuangan dan Umum

Tugas dari Direktur Keuangan dan Umum adalah

bertanggung jawab terhadap masalah-masalah yang berhubungan dengan administrasi, personalia, keuangan, pemasaran, humas, keamanan, dan keselamatan kerja.

#### 4. Staf Ahli

Staf ahli terdiri dari tenaga-tenaga ahli yang bertugas membantu direktur dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. Staf ahli bertanggung jawab kepada Direktur Utama sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing. Tugas dan wewenang staf ahli meliputi:

- Memberikan nasehat dan saran dalam perencanaan pengembangan perusahaan.
- Mengadakan evaluasi bidang teknik dan ekonomi perusahaan.

#### 5. Memberikan saran-saran dalam bidang hukum.

#### 6. Kepala Bagian

Secara umum tugas Kepala Bagian adalah mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis-garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala bagian dapat juga bertindak sebagai staff direktur. Kepala bagian ini bertanggung jawab kepada direktur masing-masing. Kepala bagian terdiri dari:

- Kepala Bagian Proses dan Utilitas

Tugas: Mengkoordinasikan kegiatan pabrik dalam bidang proses dan penyediaan bahan baku dan utilitas.

- Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi

Tugas: Bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan dan fasilitas penunjang kegiatan produksi.

- Kepala Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian

Mutu Tugas: Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengembangan perusahaan, dan pengawasan mutu.

- Kepala Bagian Keuangan dan Pemasaran

Tugas: Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran, pengadaan barang, serta pembukuan keuangan.

- Kepala Bagian Administrasi

Tugas: Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan tata usaha, personalia dan rumah tangga perusahaan.

- Kepala Bagian Umum dan Keamanan

Tugas: Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan antara perusahaan dan masyarakat serta menjaga keamanan perusahaan.

- Kepala Bagian Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan

Tugas: Bertanggung jawab terhadap keamanan pabrik dan kesehatan dan keselamatan kerja karyawan.

## 7. Kepala Seksi

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

1. Kepala Seksi Proses

Tugas: Memimpin langsung serta memantau kelancaran proses produksi

2. Kepala Seksi Utilitas

Tugas: Bertanggung jawab terhadap penyediaan air, *steam*, bahan bakar, dan udara tekan baik untuk proses maupun instrumentasi.

3. Kepala Seksi Pemeliharaan dan Bengkel

Tugas: Bertanggung jawab atas kegiatan perawatan dan penggantian alat- alat serta fasilitas pendukungnya.

4. Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan

Tugas: Bertanggung jawab terhadap perumusan kebijakan teknis penelitian dan pengembangan.

5. Kepala Seksi Laboratorium dan Pengendalian Mutu

Tugas: Menyelenggarakan pengendalian mutu untuk bahan baku, bahan pembantu, produk dan limbah.

6. Kepala Seksi Keuangan

Tugas: Bertanggung jawab terhadap pembukuan serta hal-hal yang berkaitan dengan keuangan perusahaan.

7. Kepala Seksi Pemasaran

Tugas: Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran produk dan pengadaan bahan baku pabrik.

8. Kepala Seksi Personalia

Tugas: Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian.

9. Kepala Seksi Humas

Tugas: Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan, pemerintah, dan masyarakat.

10. Kepala Seksi Keamanan

Tugas: Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.

11. Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Tugas: Mengurus masalah kesehatan karyawan dan keluarga, serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.

12. Kepala Seksi Tata Usaha

Tugas: Mengurus kebijakan teknis dibidang umum dan kepegawaian, perencanaan dan pelaporan, perlengkapan dan asset, serta keuangan di perusahaan.

13. Kepala Seksi Unit Pengolahan Limbah

Tugas: Mengurus kebijakan teknis dibidang pengolahan limbah di perusahaan.

#### 14. Kepala Seksi Listrik dan Instrumentasi

Tugas: Mengurus kebijakan terhadap kegiatan pemeliharaan dan fasilitas penunjang kegiatan produksi.

### 4.7.3 Status Karyawan

Sistem upah karyawan dibuat berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab dan keahlian. Menurut status karyawan ini dapat dibagi menjadi 3 golongan, sebagai berikut:

#### 1. Karyawan Tetap

Karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK) Direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.

#### 2. Karyawan Harian

Karyawan yang diangkat dan diberhentikan tanpa Surat Keputusan Direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

#### 3. Karyawan Borongan

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

### 4.7.4. Pembagian Jam Kerja Karyawan

Pabrik biodiesel akan beroperasi 330 hari selama satu tahun dalam 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan merupakan hari libur digunakan untuk perbaikan, perawatan atau *shut down*.

Sistem kerja bagi karyawan produksi diatur menurut pembagian shift dan dilakukan secara bergiliran. Hal ini dilakukan karena tempat-tempat pada proses produksi memerlukan kerja rutin selama 24 jam



secara terus menerus. Pembagian shift dilakukan dalam 4 regu, dimana 3 regu mendapat giliran *shift* sedangkan 1 regu libur. Adapun jam kerja shift dalam 1 hari diatur dalam 3 shift sebagai berikut:

*Shift I* : Pukul 07.00 – 15.00

*Shift II* : Pukul 15.00 – 23.00

*Shift III* : Pukul 23.00 – 07.00

Grup *shift* selama 1 minggu bekerja selama 6 hari per harinya selama 8 jam dan mendapatkan 2 hari libur dengan rincian jam kerja 2 hari shift 1 selanjutnya 2 hari shift 2 dan selanjutnya shift 3 dan pada minggu selanjutnya mendapatkan shift libur. Pada Hari Minggu dan hari libur hari besar semua karyawan *shift* tidak libur.

Sedangkan tempat-tempat khusus, seperti bagian keamanan, bagian proses kontrol, dan utilitas juga dilakukan pembagian kerja yang diatur dalam pembagian *shift* seperti yang telah diatur di atas dan seluruh karyawan mendapat cuti selama 12 hari tiap tahunnya.

**Tabel 4.27.** Jadwal Kegiatan Karyawan *Shift*

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

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

Keterangan : 1,2,3, dst : Hari ke-  
 A, B, C, dst : Kelompok kerja *shift*  
 ■ : Libur

#### 4.7.5 Status, Sistem Penggajian, dan Penggolongan Karyawan

a. Jumlah Pekerja

**Tabel 4.28** Jumlah Karyawan Pabrik

| No | Jabatan                                           | Jumlah |
|----|---------------------------------------------------|--------|
| 1  | Direktur Utama                                    | 1      |
| 2  | Direktur Teknik dan Produksi                      | 1      |
| 3  | Direktur Keuangan dan Umum                        | 1      |
| 4  | Ka. Bag. Proses dan Utilitas                      | 1      |
| 5  | Ka. Bag. Penelitian, Pengembangan Mutu            | 1      |
| 6  | Ka. Bag. Pemasaran dan Keuangan                   | 1      |
| 7  | Ka. Bag. Administrasi                             | 1      |
| 8  | Ka. Bag. Umum dan Keamanan                        | 1      |
| 9  | Ka. Bag. K3                                       | 1      |
| 10 | Ka. Bag. Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi | 1      |
| 11 | Ka. Sek. UPL                                      | 1      |
| 12 | Ka. Sek. Proses                                   | 1      |
| 13 | Ka. Sek. Pemeliharaan dan Bengkel                 | 1      |
| 14 | Ka. Sek. Penelitian dan Pengembangan              | 1      |
| 15 | Ka. Sek. Listrik dan Instrumentasi                | 1      |
| 16 | Ka. Sek. Laboratorium                             | 1      |
| 17 | Ka. Sek. Keuangan                                 | 1      |
| 18 | Ka. Sek. Pemasaran                                | 1      |
| 19 | Ka. Sek. Personalia                               | 1      |
| 20 | Ka. Sek. Humas                                    | 1      |
| 21 | Ka. Sek. Keamanan                                 | 1      |
| 22 | Ka. Sek. K3                                       | 1      |
| 23 | Ka. Sek. Tata Usaha                               | 1      |

Lanjutan **Tabel 4.28.** Jumlah Karyawan Pabrik

|    |                                   |     |
|----|-----------------------------------|-----|
| 24 | Ka. Sek.Utilitas                  | 1   |
| 25 | Karyawan Personalia               | 4   |
| 26 | Karyawan Humas                    | 4   |
| 27 | Karyawan Litbang                  | 4   |
| 28 | Karyawan Pengadaan                | 4   |
| 29 | Karyawan Pemasaran                | 4   |
| 30 | Karyawan Administrasi             | 4   |
| 31 | Karyawan Kas/Anggaran             | 4   |
| 32 | Karyawan Proses                   | 43  |
| 33 | Karyawan Pengendalian             | 6   |
| 34 | Karyawan Laboratorium             | 6   |
| 35 | Karyawan Pemeliharaan dan Bengkel | 6   |
| 36 | Karyawan Utilitas                 | 22  |
| 37 | Karyawan K3                       | 6   |
| 38 | Karyawan Keamanan                 | 8   |
| 39 | Karyawan UPL                      | 6   |
| 40 | Sekretaris                        | 5   |
| 41 | Dokter                            | 3   |
| 42 | Perawat                           | 5   |
| 43 | Supir                             | 10  |
| 44 | Cleaning Service                  | 12  |
|    | Total                             | 190 |

a. Penggolongan Jabatan

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

**Tabel 4.29.** Penggolongan Jabatan

| <b>Jabatan</b> | <b>Pendidikan</b> | <b>Jabatan</b>          | <b>Pendidikan</b> |
|----------------|-------------------|-------------------------|-------------------|
| Direktur Utama | S-2               | Dokter                  | S-1               |
| Direktur       | S-2               | Perawat                 | D-3/D-4/S-1       |
| Kepala bagian  | S-1               | karyawan                | D-3/S-1           |
| Kepala Seksi   | S-1               | Supir                   | SLTA              |
| Staff Ahli     | S-1               | <i>Cleaning Service</i> | SLTA              |
| Sekretaris     | S-1               | Satpam                  | SLTA              |

a. Sistem Gaji Pegawai

Sistem pembagian gaji pada perusahaan terbagi menjadi 3 jenis yaitu:

1. Gaji Bulanan

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

2. Gaji Harian

Gaji yang diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.

3. Gaji Lembur

Gaji yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokok.

Berikut adalah perincian gaji sesuai dengan jabatan.

**Tabel 4.30** Rincian Gaji Sesuai Jabatan

| <b>No</b> | <b>Jabatan</b>                                  | <b>Jumlah</b> | <b>Gaji/Bulan</b> |
|-----------|-------------------------------------------------|---------------|-------------------|
| 1         | Direktur Utama                                  | 1             | Rp35.000.000      |
| 2         | Direktur Teknik dan Produksi                    | 1             | Rp25.000.000      |
| 3         | Direktur Keuangan dan Umum                      | 1             | Rp25.000.000      |
| 4         | Ka. Bag. Proses dan Utilitas                    | 1             | Rp25.000.000      |
| 5         | Ka. Bag. Litbang dan Pengendalian Mutu          | 1             | Rp25.000.000      |
| 6         | Ka. Bag. Pemasaran dan Keuangan                 | 1             | Rp18.000.000      |
| 7         | Ka. Bag. Administrasi                           | 1             | Rp18.000.000      |
| 8         | Ka. Bag. Umum dan Keamanan                      | 1             | Rp18.000.000      |
| 9         | Ka. Bag. K3                                     | 1             | Rp18.000.000      |
| 10        | Ka. Bag. Pemeliharaan Listrik dan Instrumentasi | 1             | Rp18.000.000      |
| 11        | Ka. Sek. UPL                                    | 1             | Rp10.000.000      |
| 12        | Ka. Sek. Proses                                 | 1             | Rp10.000.000      |
| 13        | Ka. Sek. Pemeliharaan dan Bengkel               | 1             | Rp10.000.000      |
| 14        | Ka. Sek. Penelitian dan Pengembangan            | 1             | Rp10.000.000      |
| 15        | Ka. Sek. Listrik dan Instrumentasi              | 1             | Rp10.000.000      |
| 16        | Ka. Sek. Laboratorium                           | 1             | Rp10.000.000      |
| 17        | Ka. Sek. Keuangan                               | 1             | Rp10.000.000      |
| 18        | Ka. Sek. Pemasaran                              | 1             | Rp10.000.000      |
| 19        | Ka. Sek. Personalia                             | 1             | Rp10.000.000      |
| 20        | Ka. Sek. Humas                                  | 1             | Rp10.000.000      |
| 21        | Ka. Sek. Keamanan                               | 1             | Rp10.000.000      |
| 22        | Ka. Sek. K3                                     | 1             | Rp10.000.000      |
| 23        | Ka. Sek. Tata Usaha                             | 1             | Rp10.000.000      |
| 24        | Ka. Sek. Utilitas                               | 1             | Rp10.000.000      |
| 25        | Karyawan Personalia                             | 4             | Rp7.000.000       |

|    |                                   |     |               |
|----|-----------------------------------|-----|---------------|
| 26 | Karyawan Humas                    | 4   | Rp7.000.000   |
| 27 | Karyawan Litbang                  | 4   | Rp7.000.000   |
| 28 | Karyawan Pengadaan                | 4   | Rp7.000.000   |
| 29 | Karyawan Pemasaran                | 4   | Rp7.000.000   |
| 30 | Karyawan Administrasi             | 4   | Rp7.000.000   |
| 31 | Karyawan Kas/Anggaran             | 4   | Rp7.000.000   |
| 32 | Karyawan Proses                   | 43  | Rp7.000.000   |
| 33 | Karyawan Pengendalian             | 6   | Rp7.000.000   |
| 34 | Karyawan Laboratorium             | 6   | Rp7.000.000   |
| 35 | Karyawan Pemeliharaan dan Bengkel | 6   | Rp7.000.000   |
| 36 | Karyawan Utilitas                 | 22  | Rp7.000.000   |
| 37 | Karyawan K3                       | 6   | Rp6.000.000   |
| 38 | Karyawan Keamanan                 | 8   | Rp4.000.000   |
| 39 | Karyawan UPL                      | 6   | Rp6.000.000   |
| 40 | Sekretaris                        | 5   | Rp6.000.000   |
| 41 | Dokter                            | 3   | Rp7.000.000   |
| 42 | Perawat                           | 5   | Rp4.500.000   |
| 43 | Supir                             | 10  | Rp3.500.000   |
| 44 | <i>Cleaning Service</i>           | 12  | Rp3.500.000   |
|    | Total                             | 190 | Rp482.500.000 |

#### 4.7.6. Kesejahteraan Sosial Karyawan

Kesejahteraan sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan antara lain berupa:

##### 1) Tunjangan

- a. Tunjangan yang berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.
- b. Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan.

- c. Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja di luar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja.

2) Cuti

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

3) Pakaian Kerja

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

4) Pengobatan

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

5) Badan Penyelenggaraan Jaminan Sosial Tenaga Kerja (BPJSTK)

BPJSTK diberikan oleh perusahaan bila jumlah karyawan lebih dari 10 orang dengan gaji karyawan Rp 1.000.000,00 per bulan. Fasilitas untuk kemudahan bagi karyawan dalam melaksanakan aktivitas selama di pabrik antara lain:

- a. Penyediaan mobil dan bus untuk transportasi antar jemput karyawan.
- b. Kantin, untuk memenuhi kebutuhan makan karyawan terutama makan siang.
- c. Sarana peribadatan seperti masjid.
- d. Pakaian seragam kerja dan peralatan - peralatan keamanan seperti *safety helmet*, *safety shoes* dan kacamata, serta tersedia pula alat - alat keamanan lain seperti *masker*, *ear plug*, sarung tangan tahan api.



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

#### 4.8. Evaluasi Ekonomi

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

1. *Return On Investment*
2. *Pay Out Time*
3. *Discounted Cash Flow Rate*
4. *Break Even Point*
5. *Shut Down Point*

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

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

Meliputi :

- a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
- b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)

2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*) Meliputi:

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

### 3. Pendapatan modal

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap:

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

#### 4.8.1. Harga Alat

Harga peralatan akan berubah setiap saat tergantung pada kondisi ekonomi yang mempengaruhinya. Untuk mengetahui harga peralatan yang pasti setiap tahun sangatlah sulit, sehingga diperlukan suatu metode atau cara untuk memperkirakan harga alat pada tahun tertentu dan perlu diketahui terlebih dahulu harga indeks peralatan operasi pada tahun tersebut. Di dalam analisa ekonomi harga – harga alat maupun harga–harga lain diperhitungkan pada tahun analisa. Untuk mencari harga pada tahun analisa, maka dicari indeks pada tahun analisa. Harga indeks tahun 2019 diperkirakan secara garis besar dengan data indeks dari tahun 1991 sampai 2019, dicari dengan persamaan regresi linier.

**Tabel 4.31** Indeks Harga Alat

| Tahun | CE Index | Tahun | CE Index | Tahun | CE Index |
|-------|----------|-------|----------|-------|----------|
| 1991  | 361,3    | 2001  | 394,3    | 2011  | 585,7    |
| 1992  | 358,2    | 2002  | 395,6    | 2012  | 584,6    |
| 1993  | 359,2    | 2003  | 402      | 2013  | 567,3    |
| 1994  | 368,1    | 2004  | 444,2    | 2014  | 576,1    |
| 1995  | 381,1    | 2005  | 468,2    | 2015  | 556,8    |
| 1996  | 381,7    | 2006  | 499,6    | 2016  | 561,7    |

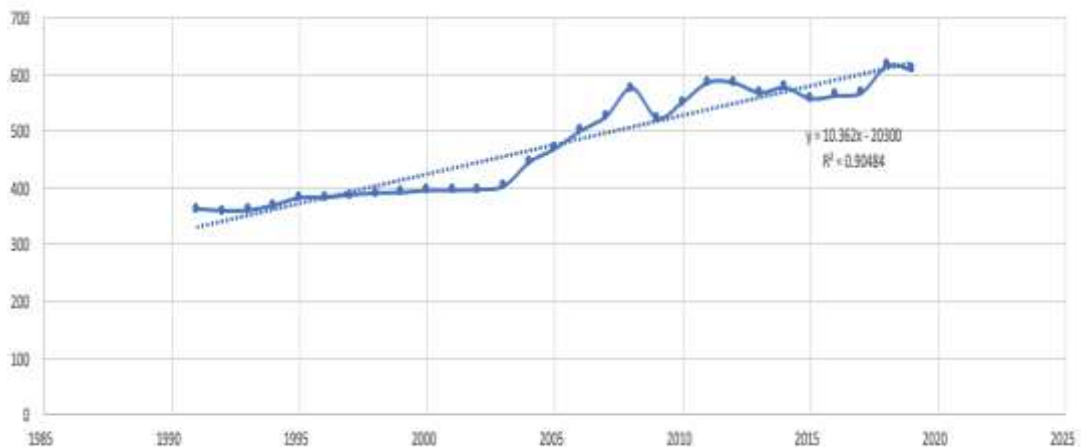
|      |       |  |      |       |  |      |       |
|------|-------|--|------|-------|--|------|-------|
| 1997 | 386,5 |  | 2007 | 525,4 |  | 2017 | 567,5 |
|------|-------|--|------|-------|--|------|-------|

.....Lanjutan **Tabel 4.31.** Indeks Harga Alat

|      |       |  |      |       |  |      |       |
|------|-------|--|------|-------|--|------|-------|
| 1998 | 389,5 |  | 2008 | 575,4 |  | 2018 | 614,6 |
| 1999 | 390,6 |  | 2009 | 521,9 |  | 2019 | 607,6 |
| 2000 | 394,1 |  | 2010 | 550,8 |  |      |       |

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

Berdasarkan data tersebut, maka persamaan regresi linier yang diperoleh adalah  $y = 10,362x - 20300$ . Pabrik Biodiesel dengan Kapasitas 130.000 ton/tahun akan dibangun pada tahun 2025, berikut adalah grafik hasil *plotting* data



**Gambar 4.8.** Grafik Indeks Harga

Berdasarkan data tersebut, maka persamaan regresi Linear yang diperoleh adalah  $y = 10,362x - 20300$ . Pabrik Biodiesel dengan kapasitas 130.000 ton/tahun akan dibangun pada tahun 2025, maka dari persamaan regresi Linear diperoleh indeks sebesar 683,050. Harga-harga alat dan lainnya diperhitungkan pada tahun evaluasi. Selain itu, harga alat dan lainnya ditentukan juga dengan referensi Peters dan Timmerhaus, pada tahun 1990 dan Aries & Newton, pada tahun 1955. Maka harga alat pada tahun evaluasi dapat dicari dengan persamaan:

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

Dalam hubungan ini:

$E_x$  : Harga pembelian pada tahun 2023

$E_y$  : Harga pembelian pada tahun referensi (1955, 1990 dan 2014)

$N_x$  : Indeks harga pada tahun 2023

$N_y$  : Indeks harga pada tahun referensi (1955, 1990 dan 2014)

Berdasarkan rumus tersebut, maka didapatkan hasil perhitungan alat sebagai berikut :

**Tabel 4.32** Harga Alat Proses

| No. | Nama Alat             | Jumlah | Harga Alat |
|-----|-----------------------|--------|------------|
| 1   | Reaktor-01            | 1      | \$ 63.347  |
| 2   | Reaktor-02            | 1      | \$ 63.347  |
| 3   | Reaktor-03            | 1      | \$ 63.347  |
| 4   | Reaktor-04            | 1      | \$ 63.347  |
| 5   | Netralizer-01         | 1      | \$ 435.841 |
| 6   | Separator             | 1      | \$ 56.219  |
| 7   | Evaporator            | 1      | \$ 53.345  |
| 8   | <i>Washing Tank</i>   | 1      | \$ 38.974  |
| 9   | <i>Mixer</i>          | 1      | \$ 45.176  |
| 10  | <i>Condensor</i>      | 1      | \$ 74.039  |
| 11  | <i>Screw Conveyor</i> | 1      | \$ 4.369   |
| 12  | Pompa                 | 1      | \$ 19.450  |
| 13  | Pompa                 | 1      | \$ 19.450  |
| 14  | Pompa                 | 1      | \$ 15.099  |
| 15  | Pompa                 | 1      | \$ 29.381  |
| 16  | Pompa                 | 1      | \$ 29.381  |
| 17  | Pompa                 | 1      | \$ 29.381  |

.....Lanjutan **Tabel 4.32** Harga Alat Proses

|       |                         |   |    |            |
|-------|-------------------------|---|----|------------|
| 18    | Pompa                   | 1 | \$ | 29.381     |
| 19    | Pompa                   | 1 | \$ | 15.099     |
| 20    | Pompa                   | 1 | \$ | 19.450     |
| 21    | Pompa                   | 1 | \$ | 15.099     |
| 22    | Pompa                   | 1 | \$ | 19.450     |
| 23    | Pompa                   | 1 | \$ | 19.450     |
| 24    | Pompa                   | 1 | \$ | 19.450     |
| 25    | Pompa                   | 1 | \$ | 19.450     |
| 26    | Tangki PFAD             | 1 | \$ | 1.395.702  |
| 27    | Tangki CH4O             | 1 | \$ | 1.523.890  |
| 28    | Tangki H2SO4            | 1 | \$ | 379.852    |
| 29    | Silo                    | 1 | \$ | 2.218.407  |
| 30    | Tangki Penyimpanan ME   | 1 | \$ | 1.198.648  |
| 31    | Tangki Penyimpanan CH4O | 1 | \$ | 1.395.932  |
| 32    | <i>Cooler</i>           | 1 | \$ | 1.827      |
| 33    | <i>Cooler</i>           | 1 | \$ | 1.584      |
| 34    | <i>Heater-01</i>        | 1 | \$ | 334.440    |
| 35    | <i>Heater-02</i>        | 1 | \$ | 334.440    |
| 36    | <i>Heater-03</i>        | 1 | \$ | 7.243      |
| Total |                         |   | \$ | 10.052.284 |

**Tabel 4.33.** Harga Alat Utilitas

| No. | Nama Alat                          | Jumlah | Harga Alat |
|-----|------------------------------------|--------|------------|
| 1   | <i>Screening</i>                   | 1      | \$ 21.541  |
| 2   | Bak Pengendapan Awal (Sedimentasi) | 1      | \$ 4.556   |
| 3   | Bak Penggumpal (Flokulasi)         | 1      | \$ 4.556   |
| 4   | Tangki Alum                        | 1      | \$ 3.595   |
| 5   | Bak Pengendap                      | 1      | \$ 4,556   |
| 6   | Bak Pengendap                      | 1      | \$ 4,556   |
| 7   | <i>Sand Filter</i>                 | 1      | \$ 18,269  |
| 8   | Penampung Sementara                | 1      | \$ 2,963   |
| 9   | Tangki Klorinasi                   | 1      | \$ 933,534 |
| 10  | Tangki Kaporit                     | 1      | \$ 933,534 |
| 11  | Tangki Air Bersih                  | 1      | \$ 5.851   |
| 12  | Tangki Air Bertekanan              | 1      | \$ 4.091   |
| 13  | Bak Air Pendingin                  | 1      | \$ 18.956  |
| 14  | <i>Cooling Tower</i>               | 1      | \$ 18.956  |
| 15  | <i>Blower Cooling Tower</i>        | 1      | \$ 26.514  |
| 16  | <i>Mixed Bed</i>                   | 1      | \$ 796.037 |
| 17  | Tangki NaCl                        | 1      | \$ 89.163  |
| 18  | Tangki NaOH                        | 1      | \$ 2.529   |
| 19  | Tangki Deaerator                   | 1      | \$ 907,091 |
| 20  | Tangki N2H4                        | 1      | \$ 19.085  |
| 21  | Bak Air Pendingin                  | 1      | \$ 18.956  |
| 22  | Tangki <i>Boiler</i>               | 1      | \$ 37.479  |
| 23  | Tangki Air Demin                   | 1      | \$ 84.027  |
| 24  | Kompresor                          | 1      | \$ 4.786   |
| 25  | Tangki <i>Silica Gel</i>           | 1      | \$ 4.599   |

|       |          |   |    |           |
|-------|----------|---|----|-----------|
| 26    | Pompa-01 | 1 | \$ | 40.421    |
| 27    | Pompa-02 | 1 | \$ | 40.421    |
| 28    | Pompa-03 | 1 | \$ | 13.401    |
| 29    | Pompa-04 | 1 | \$ | 9.995     |
| 30    | Pompa-05 | 1 | \$ | 13.401    |
| 31    | Pompa-06 | 1 | \$ | 40.421    |
| 32    | Pompa-07 | 1 | \$ | 40.421    |
| 33    | Pompa-08 | 1 | \$ | 40.421    |
| 34    | Pompa-09 | 1 | \$ | 40.421    |
| 35    | Pompa-10 | 1 | \$ | 6.438     |
| 36    | Pompa-11 | 1 | \$ | 12.029    |
| 37    | Pompa-12 | 1 | \$ | 12.029    |
| 38    | Pompa-13 | 1 | \$ | 9.312     |
| 39    | Pompa-14 | 1 | \$ | 9.312     |
| 40    | Pompa-15 | 1 | \$ | 40.421    |
| 41    | Pompa-16 | 1 | \$ | 40.421    |
| 42    | Pompa-17 | 1 | \$ | 40.421    |
| 43    | Pompa-18 | 1 | \$ | 40.421    |
| 44    | Pompa-19 | 1 | \$ | 40.421    |
| 45    | Pompa-20 | 1 | \$ | 40.421    |
| 46    | Pompa-21 | 1 | \$ | 40.421    |
| Total |          |   | \$ | 1.779.475 |

#### 4.8.2. Analisa Kelayakan

Pabrik biodiesel dari *Palm Fatty Acid Distillate* dengan kapasitas 130.000 ton/tahun dapat digolongkan sebagai pabrik beresiko rendah, hal ini dapat dilihat dari kondisi operasi dan bahan baku yang digunakan. Dimana kondisi operasi berjalan pada suhu 60° C dan tekanan 1 atm serta bahan baku utama yang digunakan merupakan senyawa organik yang tidak membahayakan bagi pekerja walaupun terdapat beberapa bahan baku pendukung yang sifatnya beracun dan mudah terbakar. Akan tetapi, apabila dilaksanakan sesuai dengan standar operasional pengoperasian maka tidak akan terjadi kendala.

Analisa kelayakan digunakan untuk mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial atau tidak secara ekonomi. Berikut adalah perhitungan – perhitungan yang digunakan dalam analisa kelayakan ekonomi dari suatu rancangan pabrik.

##### 1. Dasar Perhitungan

- Kapasitas Produksi = 130.000 ton/tahun
- Satu tahun operasi = 330 hari
- Tahun pendirian pabrik = 2023
- Kurs mata uang = 1 US\$ = Rp 14.504
- Upah pekerja asing = \$ 10/manhour
- Upah pekerja Indonesia = Rp. 25.000/manhour
- 1 manhour asing = 2 manhour Indonesia
- 5% tenaga asing = 95% tenaga Indonesia



## 2. Perhitungan Biaya

### a. *Capital Investment*

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

#### 1. *Fixed Capital Investment*

Biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas – fasilitas pabrik.

#### 2. *Working Capital Investment*

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

### b. *Manufacturing Cost*

*Manufacturing Cost* merupakan jumlah *Direct*, *Indirect* dan *Fixed Manufacturing Cost*, yang bersangkutan dalam pembuatan produk. Menurut Aries and Newton,1955 *Manufacturing Cost* meliputi:

#### 1. *Direct Cost*

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

#### 2. *Indirect Cost*

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

#### 3. *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.

c. *General Expense*

Berupa pengeluaran umum meliputi pengeluaran–  
pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang  
tidak termasuk *Manufacturing Cost*.

d. *Percent Return On Investment (ROI)*

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

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

e. *Pay Out Time (POT)*

*Pay Out Time (POT)* merupakan:

- Jumlah tahun yang telah berselang, sebelum  
didapatkan suatu penerimaa yang melebihi  
investasi awal atau jumlah tahun yang  
diperlukan untuk kembalinya *Capital  
Investment* dengan *profit* sebelum dikurangi  
depresiasi.
- Waktu minimum secara teoritis yang  
dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap  
yang ditanamkan atas dasar keuntungan  
setiap tahun ditambah dengan penyusutan.
- Waktu pengembalian modal yang dihasilkan  
berdasarkan keuntungan yang diperoleh.  
Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui  
dalam berapa tahun investasi yang telah  
dilakukan akan kembali.

$$\text{POT} = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Keuntungan} + \text{Depresiasi}} \times 100\%$$

f. *Break Even Point* (BEP)

*Break Even Point* (BEP) merupakan:

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

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

Keterangan:

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

g. *Shut Down Point* (SDP)

*Shut Down Point* (SDP) merupakan:

1. Suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain *Variable Cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan profit).

2. Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus berhenti beroperasi atau tutup.

Level produksi di mana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Cost*.

3. Merupakan titik produksi dimana pabrik mengalami kebangkrutan sehingga pabrik harus berhenti atau tutup

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

#### h. *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)*

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

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

Berikut adalah persamaan yang digunakan dalam penentuan DCFR.

$$n=X-1$$

$$(FC + WC)(1 + i)^N = C \sum_{Ta=j} (1 + i)^N + WC + SV$$

$$Ta=j$$

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

O : Hasil Perhitungan

**Tabel 4.34. Physical Plant Cost (PPC)**

| No                               | Type of Capital Investment         | Harga (Rp)                | Harga (\$)           |
|----------------------------------|------------------------------------|---------------------------|----------------------|
| 1                                | <i>Purchased Equipment cost</i>    | Rp 171.614.346.767        | \$ 11.831.759        |
| 2                                | <i>Delivered Equipment Cost</i>    | Rp 42.903.586.692         | \$ 2.957.940         |
| 3                                | Instalasi cost                     | Rp 39.607.682.081         | \$ 2.730.707         |
| 4                                | Pemipaan                           | Rp 108.060.212.593        | \$ 7.450.091         |
| 5                                | Instrumentasi                      | Rp 45.074.337.712         | \$ 3.107.600         |
| 6                                | Insulasi                           | Rp 8.387.509.143          | \$ 578.267           |
| 7                                | Listrik                            | Rp 25.742.152.015         | \$ 1.774.764         |
| 8                                | Bangunan                           | Rp 46.149.000.000         | \$ 3.181.691         |
| 9                                | <i>Land &amp; Yard Improvement</i> | Rp 56.803.200.000         | \$ 3.916.233         |
| <b>Physical Plant Cost (PPC)</b> |                                    | <b>Rp 544.342.027.003</b> | <b>\$ 37.529.053</b> |

**Tabel 4.35. Direct Plant Cost (DPC)**

| No                       | Type of Capital Investment | Harga (Rp)                | Harga (\$)           |
|--------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------|
| 1                        | Teknik dan Konstruksi      | Rp 108.868.405.401        | \$ 7.505.5811        |
| <b>Total (DPC + PPC)</b> |                            | <b>Rp 653.210.432.404</b> | <b>\$ 45.034.864</b> |

**Tabel 4.36. Fixed Capital Investment (FCI)**

| No                                    | Type of Capital Investment | Harga (Rp)                | Harga (\$)           |
|---------------------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------|
| 1                                     | Total DPC + PPC            | Rp 653.210.432.404        | \$ 45.034.864        |
| 2                                     | Contractor's fee           | Rp 45.724.730.268         | \$ 3.152.440         |
| 3                                     | Contingency                | Rp 65.321.043.240         | \$ 4.503.486         |
| <b>Fixed Capital Investment (FCI)</b> |                            | <b>Rp 764.256.205.912</b> | <b>\$ 52.690.791</b> |

1. Penentuan Total *Production Cost* (TPC)**Tabel 4.37. Direct Manufacturing Cost (DMC)**

| No                                     | Type of Expense     | Harga (Rp)                | Harga (\$)           |
|----------------------------------------|---------------------|---------------------------|----------------------|
| 1                                      | Raw Material        | Rp 11.224.715.972         | \$ 773.876           |
| 2                                      | Labor               | Rp 1.389.500.000          | \$ 95.798            |
| 3                                      | Supervision         | Rp 277.900.000            | \$ 19.160            |
| 4                                      | Maintenance         | Rp 91.710.744.709         | \$ 6.322.895         |
| 5                                      | Plant Supplies      | Rp 13.756.611.706         | \$ 948.434           |
| 6                                      | Royalty and Patents | Rp 43.032.600.000         | \$ 2.966.835         |
| 7                                      | Utilities           | Rp 121.820.994.957        | \$ 8.398.812         |
| <b>Direct Manufacturing Cost (DMC)</b> |                     | <b>Rp 283.213.067.345</b> | <b>\$ 19.525.809</b> |

**Tabel 4.38. Indirect Manufacturing Cost (IMC)**

| No                                       | Type of Expense        | Harga (Rp)                | Harga (\$)           |
|------------------------------------------|------------------------|---------------------------|----------------------|
| 1                                        | Payroll Overhead       | Rp 277.900.000            | \$ 19.160            |
| 2                                        | Laboratory             | Rp 277.900.000            | \$ 19.160            |
| 3                                        | Plant Overhead         | Rp 1.250.550.000          | \$ 86.218            |
| 4                                        | Packaging and Shipping | Rp 516.391.200.000        | \$ 35.602.015        |
| <b>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</b> |                        | <b>Rp 518.197.550.000</b> | <b>\$ 35.726.551</b> |

**Tabel 4.39. Fixed Manufacturing Cost (FMC)**

| No                                    | Type of Expense       | Harga (Rp)               | Harga (\$)          |
|---------------------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------|
| 1                                     | <i>Depreciation</i>   | Rp 76.425.620.591        | \$ 5.269.079        |
| 2                                     | <i>Property taxes</i> | Rp 15.285.124.118        | \$ 1.053.816        |
| 3                                     | <i>Insurance</i>      | Rp 7.642.562.059         | \$ 526.908          |
| <b>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</b> |                       | <b>Rp 99.353.306.769</b> | <b>\$ 6.849.803</b> |

**Tabel 4.40. Manufacturing Cost (MC)**

| No                             | Type of Expense                          | Harga (Rp)                | Harga (\$)           |
|--------------------------------|------------------------------------------|---------------------------|----------------------|
| 1                              | <i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>   | Rp 283.213.067.345        | \$ 19.525.809        |
| 2                              | <i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i> | Rp 518.197.550.000        | \$ 35.726.551        |
| 3                              | <i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>    | Rp 99.353.306.769         | \$ 6.849.803         |
| <b>Manufacturing Cost (MC)</b> |                                          | <b>Rp 900.763.924.113</b> | <b>\$ 62.102.163</b> |

**Tabel 4.41. Working Capital (WC)**

| No                          | Type of Expense               | Harga (Rp)                  | Harga (\$)            |
|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 1                           | <i>Raw Material Inventory</i> | Rp 1.102.063.022.707        | \$ 75.980.504         |
| 2                           | <i>In Process Inventory</i>   | Rp 122.831.444.197          | \$ 8.468.477          |
| 3                           | <i>Product Inventory</i>      | Rp 81.887.629.465           | \$ 5.645.651          |
| 4                           | <i>Extended Credit</i>        | Rp 391.205.454.545          | \$ 26.971.223         |
| 5                           | <i>Available Cash</i>         | Rp 245.662.888.395          | \$ 16.936.953         |
| <b>Working Capital (WC)</b> |                               | <b>Rp 1.943.650.439.309</b> | <b>\$ 134.002.809</b> |

**Tabel 4.42. General Expense (GE)**

| No                          | Type of Expense       | Harga (Rp)                | Harga (\$)           |
|-----------------------------|-----------------------|---------------------------|----------------------|
| 1                           | <i>Administration</i> | Rp 27.022.917.723         | \$ 1.863.065         |
| 2                           | <i>Sales expense</i>  | Rp 108.091.670.894        | \$ 7.452.260         |
| 3                           | <i>Research</i>       | Rp 25.221.389.875         | \$ 1.738.861         |
| 4                           | <i>Finance</i>        | Rp 81.237.199.357         | \$ 5.600.808         |
| <b>General Expense (GE)</b> |                       | <b>Rp 241.573.177.849</b> | <b>\$ 16.654.993</b> |

**Tabel 4.43. Total Production Cost (TPC)**

| No                                 | Type of Expense                | Harga (Rp)                  | Harga (\$)           |
|------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|----------------------|
| 1                                  | <i>Manufacturing Cost (MC)</i> | Rp 900.763.924.113          | \$ 62.102.163        |
| 2                                  | <i>General Expense (GE)</i>    | Rp 241.573.177.849          | \$ 16.654.993        |
| <b>Total Production Cost (TPC)</b> |                                | <b>Rp 1.142.337.101.962</b> | <b>\$ 78.757.156</b> |

**Tabel 4.44. Fixed Cost (Fa)**

| No                     | Type of Expense       | Harga (Rp)               | Harga (\$)          |
|------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------|
| 1                      | <i>Depreciation</i>   | Rp 76.425.620.591        | \$ 5.269.079        |
| 2                      | <i>Property taxes</i> | Rp 15.285.124.118        | \$ 1.053.816        |
| 3                      | <i>Insurance</i>      | Rp 7.642.562.059         | \$ 526.908          |
| <b>Fixed Cost (Fa)</b> |                       | <b>Rp 99.353.306.769</b> | <b>\$ 6.849.803</b> |



**Tabel 4.45. Variable Cost (Va)**

| No                        | Type of Expense       | Harga (Rp)                | Harga (\$)           |
|---------------------------|-----------------------|---------------------------|----------------------|
| 1                         | Raw material          | Rp 11.224.715.972         | \$ 773.876           |
| 2                         | Packaging & shipping  | Rp 516.391.200.000        | \$ 35.602.015        |
| 3                         | Utilities             | Rp 121.820.994.957        | \$ 8.398.812         |
| 4                         | Royalties and Patents | Rp 43.032.600.000         | \$ 2.966.835         |
| <b>Variable Cost (Va)</b> |                       | <b>Rp 692.469.510.929</b> | <b>\$ 47.741.537</b> |

**Tabel 4.46. Regulated Cost (Ra)**

| No                         | Type of Expense  | Harga (Rp)                | Harga (\$)           |
|----------------------------|------------------|---------------------------|----------------------|
| 1                          | Labor cost       | Rp 1.389.500.000          | \$ 95.798            |
| 2                          | Plant overhead   | Rp 1.250.550.000          | \$ 86.218            |
| 3                          | Payroll overhead | Rp 277.900.000            | \$ 19.160            |
| 4                          | Supervision      | Rp 277.900.000            | \$ 19.160            |
| 5                          | Laboratory       | Rp 277.900.000            | \$ 19.160            |
| 6                          | Administration   | Rp 27.022.917.723         | \$ 1.863.065         |
| 7                          | Finance          | Rp 81.237.199.357         | \$ 5.600.808         |
| 8                          | Sales expense    | Rp 108.091.670.894        | \$ 7.452.260         |
| 9                          | Research         | Rp 25.221.389.875         | \$ 1.738.861         |
| 10                         | Maintenance      | Rp 91.710.744.709         | \$ 6.322.895         |
| 11                         | Plant supplies   | Rp 13.756.611.706         | \$ 948.434           |
| <b>Regulated Cost (Ra)</b> |                  | <b>Rp 350.514.284.265</b> | <b>\$ 24.165.816</b> |

Berdasarkan rincian perhitungan tersebut maka didapatkan data untuk menguji apakah pabrik layak dibangun, berikut perhitungannya :

1) *Percent Return on Investment (ROI)*

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

$$\text{ROI sebelum pajak} = 40\%$$

ROI setelah pajak = 31 %

Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah minimum adalah 11%. (Aries and Newton, 1955).

2) *Pay Out Time* (POT)

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Keuntungan+Depresiasi}} \times 100\%$$

POT sebelum pajak = 2 tahun

POT setelah pajak = 2 tahun

Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah maksimum adalah 5 tahun (Aries & Newton, P.196)

3) *Break Even Point* (BEP)

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

BEP = 40,10 %

BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40% –60%

4) *Shut Down Point* (SDP)

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

SDP = 20,56 %

SDP pabrik kimia umumnya adalah 20% - 30%

5) *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR)

$$n = X-1$$

$$(FC + WC)(1 + i)^N = C \sum (1 + i)^N + WC + SV$$

$$Ta = j$$

Umur pabrik = 10 tahun

*Fixed Capital Investment* = Rp 52.690.791  
*Working Capital* = Rp 1.943.650.439.309  
*Salvage Value (SV)* = Rp 76.425.620.591  
*Cash flow (CF)* = *Annual profit + depresiasi + finance*  
 = Rp 382.566.651.437

Dengan *trial & error* diperoleh nilai  $i$ : 0,2139 DCFR: 21,39 %

Minimum nilai DCFR : 1,5 x suku bunga acuan bank : 5,25 %

Kesimpulan : **Memenuhi syarat**

Suku bunga pinjaman tahun 2021 adalah 3,5 % (Bank Indonesia, 2021)

: 1,5 x 3,5 % = 5,25%

(Didasarkan pada suku bunga acuan di bank saat ini adalah 3,5 %)

#### 4.8.3. Analisis keuntungan

##### a. Keuntungan Sebelum Pajak

Total penjualan : Rp1.434.420.000.000

Total biaya produksi : Rp1.142.337.101.962

Keuntungan : Total penjualan - Total biaya produksi

: Rp.292.082.898.038

##### b. Keuntungan Sesudah Pajak

Pajak : 23 % x Rp. 292.082.898.038

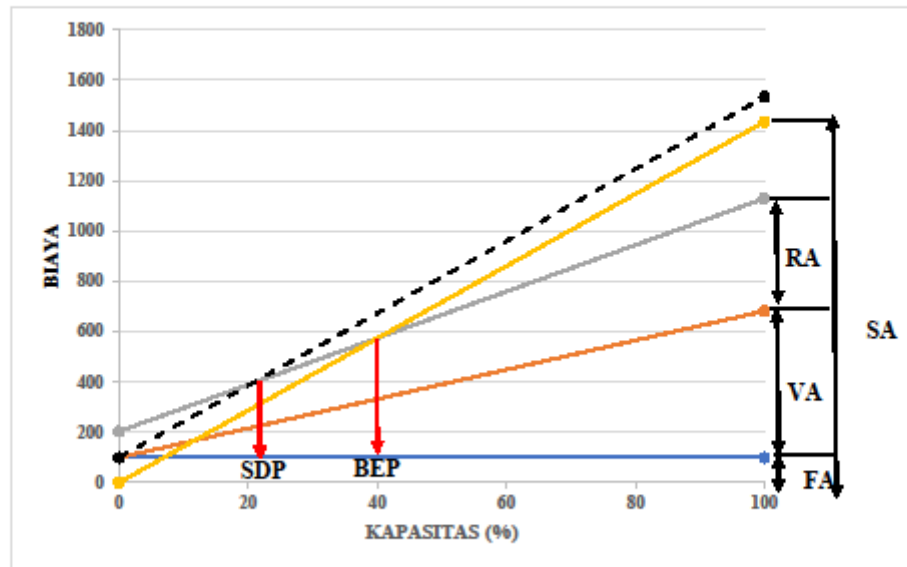
: Rp. 67.179.066.549

##### c. Keuntungan Sesudah Pajak

Keuntungan : Keuntungan sebelum pajak – pajak

: Rp. 292.082.898.038 - Rp. 67.179.066.549

: Rp. 224.903.831.489



Gambar 4.9. Grafik Analisis Kelayakan

- Fa = Annual Fixed Cost
- Va = Annual Variable Cost
- Ra = Annual Regulated Cost
- Sa = Annual Sales Cost
- SDP = Shut Down point
- BEP = Break Event Point

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis pada Bab III dan IV, maka kesimpulan pada prarancangan pabrik biodiesel dengan kapasitas produksi 130.000 ton/tahun adalah sebagai berikut :

1. Ditinjau dari sifat bahan baku yang tidak berbahaya dan kondisi operasi yang berada pada suhu dan tekanan yang rendah maka pabrik biodiesel dengan kapasitas produksi 130.000 ton/tahun ini tergolong pabrik beresiko rendah.
2. Berdasarkan hasil analisis ekonomi adalah sebagai berikut :
  - a. Keuntungan yang diperoleh : Parameter kelayakan dengan kapasitas 130.000 ton/tahun adalah total penjualan produk sebesar Rp. 1.434.420.000.000/tahun dan keuntungan bersih sebesar Rp. 224.903.831.489/tahun.
  - b. *Retrun on Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 40%. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan risiko rendah minimum adalah 11%. (Aries & Newton, 1955)
  - c. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak adalah 2 tahun. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan risiko rendah maksimum adalah 5 tahun. ( Aries & Newton, P.196)
  - d. *Break Even Point* (BEP ) pada 40,10 %, dan *Shut Down Point* (SDP) pada 20,56%.
  - e. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 21,93%. Suku bunga simpanan Bank Indonesia 2021 adalah 3,5 %. Minimum nilai DCFR adalah 1,5 x bunga simpanan bank ( $1,5 \times 3,5\% = 5,25\%$ ). (Aries & Newton, 1955) Dari hasil analisis ekonomi di atas dapat disimpulkan bahwa Pabrik biodiesel dengan kapasitas produksi 130.000 ton/tahun ini layak dan menarik untuk dikaji lebih lanjut.

## 5.2 Saran

Perancangan 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 Biodiesel dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan dimasa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat melihat pesatnya pembangunan saat ini.
4. Pemenuhan bahan baku didapatkan dari produk pabrik lain sehingga pemenuhan bahan baku tergantung pada produksi pabrik tersebut, jadi diperlukan adanya kontrak pembelian bahan baku pada kurun waktu tertentu agar kebutuhan bahan baku dapat terpenuhi selama pabrik berjalan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S. and Newton, R.D. 1955. Chemical Engineering Cost Estimation. McGraw Hill International Book Company. New York
- Bloomy Blesvid, Yelmida, Zultiniar, Perengkahan Katalitik Palm Fatty Acid Distillate (PFAD) Menjadi Biofuel Dengan Katalis Abu TKS Variasi Temperatur dan Berat Katalis. Riau. ,Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan
- Brownell, L.E. and Young, E.H. 1959. Process Equipment Design. 1st editions. John Wiley and Sons Inc. New York
- Chong C.L, Kamarudin Z, Lesieur P, Marangoni A, Bourgaux C & Ollivon M, Thermal and Structural Behaviour of Crude Palm Oil, Crystallisation at Very Slow Cooling Rate, European Journal of Lipid Science and Technology, 109 (4), 2007, 410-421.
- Coulson, J.M. and Richardson, J.F. 1983. An Introduction to Chemical Engineering. Allyn and Bacon Inc. Massachusetts  
Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Hat-Yai, Songkhla 90112, Thailand
- Dumont M.J & Narine S.S, Soapstock and deodorizer distillates from North American vegetable oils, Review on their characterization, extraction and utilization, Food Research International, 40, 2007, 957 - 974.
- Geankoplis, J.Christie., 1978, "Transport Process and Unit Operation", Prentice Hall International.
- <http://ditjenbun.pertanian.go.id/?publikasi=buku-publikasi-statistik-2018-2020>. Diakses Pada Tanggal 20 Juni 2021 Pukul 20.00 WIB
- <https://aprobi.or.id/2020/12/18/pengusaha-beberkan-produksi-biodiesel-mepet-untuk-b30/>. Diakses pada tanggal 20 Juni 2021 pukul 20:10 WIB
- <https://aprobi.or.id/partners/> Diakses pada tanggal 20 Juni 2021 pukul 20:15 WIB

- <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2018/10/11/penggunaanbiodiesel-mencapai-6-dari-total-konsumsi-energi-nasional#>. Diakses pada tanggal 24 Juni 2021 pukul 19:00 WIB
- <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2020/01/09/produksi-biodiesel-2009-2018-meningkat-3000-persen#>. Diakses pada tanggal 24 Juni 2021 pukul 19:30 WIB
- <https://www.bps.go.id/publication/2020/12/21/da010102ed229fd1634ac05b/neraca-energi-indonesia-2015-2019.html>. Diakses pada tanggal 24 Juni 2021 pukul 19:45 WIB
- <https://www.cnbcindonesia.com/news/20201225112613-4-211524/ini-daftar-20-badan-usaha-pemasok-biodiesel-92-juta-kl-2021>. Diakses pada tanggal 25 Juni 2021 pukul 21:00 WIB
- <https://www.cnbcindonesia.com/news/20210118145852-4-216880/konsumsi-bbm-ri-di-2021-diperkirakan-naik-ke-7527-juta-kl>. Diakses pada tanggal 25 Juni 2021 pukul 21:15 WIB
- <https://www.liputan6.com/news/read/4460053/ini-empat-program-prioritas-ebtke-di-tahun-2021>. Diakses pada tanggal 25 Juni 2021 pukul 21:20 WIB
- Kern, D.Q. 1983. *Process Heat Transfer*. McGraw Hill International Book Company. Tokyo
- Khan, Z. I., 2002 *Microemulsion: A Novel Approach to Enhanced Drug Delivery*, Bentham Science Publisher, New York
- Matche. 2020. *equipment cost*. <http://www.matche.com/>. Diakses pada tanggal 02 Juli 2020 pukul 19.00 WIB
- Perry, R.H. and Green, D.W. 1950. *Perry's Chemical Engineer's Handbook*. 3rd edition. McGraw Hill Book Company. Tokyo
- Perry, R.H. and Green, D.W. 1984. *Perry's Chemical Engineer's Handbook*. 6th edition. McGraw Hill Book Company. Singapore
- Perry, R.H. and Green, D.W. 1999. *Perry's Chemical Engineer's Handbook*. 7th edition. McGraw Hill Book Company. Singapore



- Peters, M.S., and Timmerhause, K.D., "Plant Design and Economic for Chemical Engineer's", 3rd ed., Mc. Graw Hill Book Co.Inc., New York, 1968.
- Royon D, Daz M, Ellenrieder G, Locatelli S. Enzymatic production of biodiesel from cotton seed oil using t-butanol as a solvent. *Bioresource Technology* 2006;98:648–53.
- Smith, J.M and Van Ness, H.C. 1987. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*. 4th edition. McGraw Hill International Book Company. Tokyo.
- Soerawidjaja, T. 2005. *Mendorong Upaya Pemanfaatan dan Sosialisasi Biodiesel Secara Nasional*. Jakarta: LP3E KADIN Indonesia.
- Wallas, S.M. *Chemical Process Equipment*. Mc. Graw Hill Book Koagakusha Company. Tokyo.
- Wiguna, Jayan Adi. 2013. Skripsi : perengkahan Palm Fatty Acid Distillate (PFAD) menjadi biofuel menggunakan katalis H-Zeolit dengan variasi temperature reaksi dan nisbah berat H-Zeolit per PFAD. Fakultas Teknik, Universitas Riau. Riau
- Yaws, C.L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. McGraw Hill Company. New York



# LAMPIRAN A

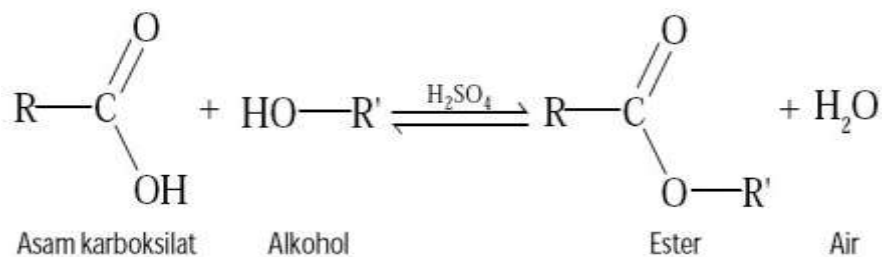


## PERHITUNGAN REAKTOR ESTERIFIKASI

- Kode : R-01
- Fase : Cair – Cair
- Bentuk : Tangki Silinder Tegak Dengan Tutup *Torispherical Dishead Head*
- Fungsi : Untuk mereaksikan asam lemak dan methanol (CH<sub>3</sub>OH) dengan bantuan katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(Asam Sulfat) untuk menghasilkan metil ester, bantuan katalis NaOH (*sodium hidroxide*)
- Jenis : Reaktor alir tangki berpengaduk atau RATB (*Continous Stirred Tank Reactor*)
- Bahan Konstruksi : *Stainless Stell SA-240 type 316*
- Kondisi Operasi : Suhu : 60 °C  
Waktu Reaksi : 60 menit (1 jam)  
Tekanan : 1 atm  
Konversi : 86,31% (S. Chongkhong et al. / Renewable Energy 34 (2009) 1059-106)

### 1. Neraca Massa

Reaktor Reaksi di Reaktor adalah sebagai berikut :



Tabel Neraca Massa Reactor (RE-01)

| Komponen          | Masuk       | Keluar      |
|-------------------|-------------|-------------|
|                   | Kg/Jam      | Kg/Jam      |
| <i>Fatty Acid</i> | 15.547,9847 | 2.112,9916  |
| Metanol           | 17.839,9187 | 16.127,0909 |
| Asam Sulfat       | 3.764,8740  | 3.764,8740  |
| Metil Ester       | -           | 14184,3552  |
| Air               | 257,0354    | 963,4656    |
| Total             | 37.409,8127 | 37.152,7774 |

2. Menentukan Kecepatan Volumetrik ( $F_v$ , L/jam)

a. Menentukan Kecepatan Volumetrik Arus Masuk ( $F_v$ , L/jam)

- Menentukan Densitas Campuran

| Komponen          | Massa<br>(Kg/Jam) | Fraksi<br>Massa ( $X_i$ ) | $P_i$<br>(Kg/M <sup>3</sup> ) | $P_i \cdot X_i$<br>(Kg/M <sup>3</sup> ) |
|-------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------|
| <i>Fatty Acid</i> | 15.547,9847       | 0,4156                    | 856,1457                      | 0,3558                                  |
| Metanol           | 17.839,9187       | 0,4769                    | 754,0760                      | 0,3596                                  |
| Asam Sulfat       | 3.764,8740        | 0,1006                    | 1.789,7904                    | 0,1801                                  |
| Air               | 257,0354          | 0,0069                    | 994,9603                      | 0,0068                                  |
| Total             | 37.409,8127       | 1,0000                    | 439,9724                      | 0,9024                                  |

- Menentukan Laju Alir Volumetri ( $F_v$ , L/jam)

$$\begin{aligned}
 F_v &= \frac{\text{Massa Umpan}}{\rho \text{ Campuran}} \\
 &= \frac{37409,8127}{0,9024 \times 1000} \\
 &= 41,4566 \text{ m}^3 / \text{jam} \\
 &= 41,456.5789 \text{ L/jam}
 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan kecepatan volumetrik sebesar 41,456.5789 L/jam

3. Menentukan Konstanta Kecepatan Reaksi

- a. Menghitung Konsentrasi Mol Umpan Reaktan pembatas pada reaksi esterifikasi ini adalah *Fatty Acid*, maka *Fatty Acid* adalah senyawa A dan Methanol adalah senyawa B.

$$C_{Ao} = \frac{\text{mol A}}{\Sigma F_v} = \frac{68,3892}{61,9442} \text{ kmol/L}$$

b. Menghitung Harga Konstanta Kecepatan Reaksi Asumsi :

- Reaksi Orde I,
- Reaksi reversible,
- Pengadukan sempurna sehingga konsentrasi keluar reaktor sama dengan konsentrasi didalam reaktor.

$$-r_a = \frac{dC_a}{dt} = k.C_a$$

$$-\frac{dC_a}{dt} = k.C$$

$$-\int_{C_{a0}}^{C_a} \frac{dC_a}{C_a} = k \int_0^t dt$$

$$\ln \frac{C_{a0}}{C_a} = k.t$$

$$k = \ln \frac{C_{a0}}{C_{a0}(1-x_a)} \times \frac{1}{t}$$

Dimana :

k = Konstanta kecepatan reaksi Transesterifikasi, /menit

CA<sub>0</sub> = Konsentrasi reaktan A mula-mula = 0,0311 kmol/L

T = Waktu reaksi = 60 menit (1 jam)

x<sub>a</sub> = Konversi reaksi = 0,97

Maka =

$$k = \ln \frac{0,0311}{0,0311(1-0,97)} \times \frac{1}{60}$$

$$k = 0,5389 \text{ /menit}$$

#### 4. Optimasi Reaktor

a. Menentukan Rumus Volume Reaktor

Rumus volume reaktor :

$$\begin{aligned} V_{RATB} &= \frac{F_{a0} \times X}{-r_a} \\ &= \frac{F_{v0} \times C_{a0} \times X}{k \times C_a} \\ &= \frac{F_{v0} \times C_{a0} \times X}{k \times C_{a0} (1 - X)} \\ &= \frac{F_{v0} \times X}{k (1 - X)} \end{aligned}$$

Digunakan optimasi secara seri, sehingga rumus volume reaktor :

$$V_{RATB} = \frac{F_{vo} n x X}{k (1 - X)}$$

Dimana : n = jumlah reaktor

b. Menentukan Volume Reaktor

- Jumlah 1 buah reaktor

$$F_{vo} = 34.463,7087 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$n = 1$$

$$x = 0,97$$

$$k = 7,0440 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$$

$$V_{RATB} = \frac{34.463,7087 \times 1 \times 0,97}{7,0440 \times (1 - 0,97)}$$

$$\begin{aligned} V \text{ reaktor} &= 156.542,6074 \text{ m}^3 \\ &= 41.354.173,6780 \text{ gal} \end{aligned}$$

- Jumlah 2 buah reaktor

$$F_{vo} = 34.463,7087 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$n = 2$$

$$x = 0,97$$

$$k = 7,0440 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$$

$$V_{RATB} = \frac{34.463,7087 \times 2 \times 0,97}{7,0440 \times (1 - 0,97)}$$

$$\begin{aligned} V \text{ reaktor} &= 23.111,5569 \text{ m}^3 \\ &= 6.105.426,2135 \text{ gal} \end{aligned}$$

- Jumlah 3 buah reaktor

$$F_{vo} = 34.463,7087 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$n = 3$$

$$x = 0,97$$

$$k = 7,0440 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$$

$$V_{RATB} = \frac{34.463,7087 \times 3 \times 0,97}{7,0440 \times (1 - 0,97)}$$

$$\begin{aligned} V \text{ reaktor} &= 10.740,3383 \text{ m}^3 \\ &= 2.837.296,6560 \text{ gal} \end{aligned}$$

- Jumlah 4 buah reaktor

$$F_{vo} = 34.463,7087 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$n = 4$$

$$x = 0,97$$

$$k = 7,0440 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$$

$$V_{RATB} = \frac{34.463,7087 \times 4 \times 0,97}{7,0440x(1-0,97)}$$

$$V \text{ reaktor} = 3.202,8629 \text{ m}^3$$

$$= 846.106,6863 \text{ gal}$$

- Jumlah 5 buah reaktor

$$F_{vo} = 34.463,7087 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$N = 5$$

$$X = 0,97$$

$$K = 7,0440 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$$

$$V_{RATB} = \frac{34.463,7087 \times 5 \times 0,97}{7,0440x(1-0,97)}$$

$$V \text{ reaktor} = 4.920,9765 \text{ m}^3 = 1.299.984,1964 \text{ gal}$$

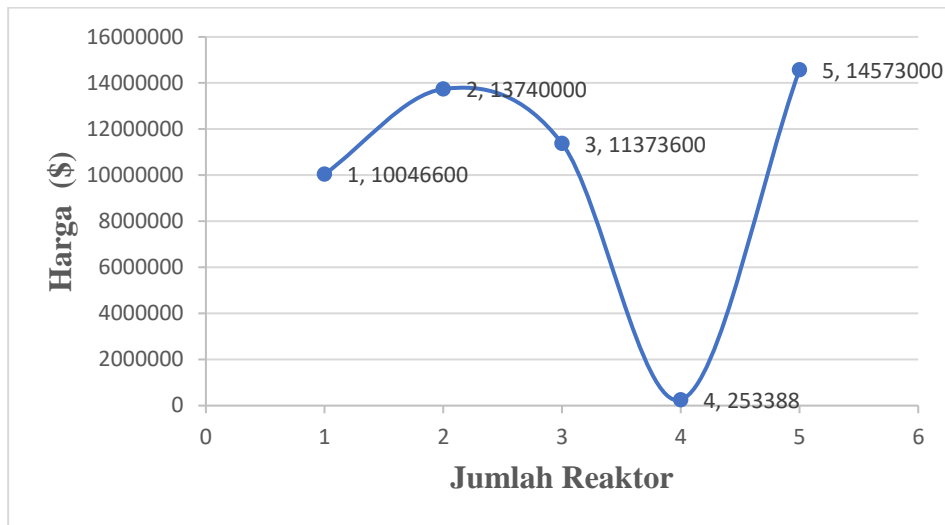
### c. Menentukan Harga Reaktor

Bahan konstruksi reaktor dipilih *Carbon Steel SA 283 grade C*

| N | V (gallon)      | Harga (\$) | Harga Total (\$) |
|---|-----------------|------------|------------------|
| 1 | 41.354.173,6780 | 10.046.600 | 10.046.600       |
| 2 | 6.105.426,2135  | 6.870.000  | 13.740.000       |
| 3 | 2.837.296,6560  | 3.791.200  | 11.373.600       |
| 4 | 846.106,6863    | 63347      | 253.388          |
| 5 | 1.299.841,964   | 2.914.600  | 14.573.000       |

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

d. Penentuan Jumlah Reaktor yang Optimum



Grafik hubungan jumlah reaktor dengan biaya total

Sehingga dapat ditarik kesimpulan :

- Pertimbangan volume :  $V_1 > V_2 > V_3 > V_5 > V_4$
- Pertimbangan harga reaktor :  $R_1 > R_2 > R_3 > R_5 > R_4$

Maka jumlah reaktor yang optimum sebanyak 4 buah untuk mendapatkan harga perancangan reaktor yang minimum.

5. Dimensi Reaktor

a. Menentukan diameter reaktor

Perbandingan diameter dan tinggi reaktor yang optimum  $D:H < 2$ ,

dipilih perbandingan  $D : H = 2:1$  (Brownell & Young, P.43)

Volume reaktor = Volume Silinder + 2 Volume Head

Volume reaktor =  $\frac{\pi}{4} D^2 H + (2 \times 0,000049 \times D^3)$

Karena  $D:H = 2:1$ , maka:

Volume reaktor =  $\frac{\pi}{4} D^2 \cdot 1 + (2 \times 0,000049 \times D^3)$

Volume reaktor =  $\frac{1 \cdot \pi}{4} D^3 + (2 \times 0,000049 \times D^3)$

Volume reaktor =  $\frac{1 \cdot \pi}{4} D^3 + (0,000098 \times D^3)$



$$\begin{aligned} \text{Volume reaktor} &= D^3 \left( \frac{1 \cdot \pi}{4} + 0,000098 \right) \\ &82,9132 \text{ m}^3 = D^3 (0.7851) \\ D &= 5,0232 \text{ m} \\ &= 197,7648 \text{ in} \\ &= 16,4804 \text{ ft} \end{aligned}$$

Maka nilai H

$$\begin{aligned} H &= 7,1903 \text{ m} \\ &= 283,0836 \text{ in} \\ &= 23,5903 \text{ ft} \end{aligned}$$

b. Menentukan Tekanan Desain

$$\begin{aligned} \text{Tekanan operasi (Pops)} &= 1 \text{ atm} \\ &= 14,7 \text{ psi} \\ \text{Densitas campuran} &= 902,3854 \text{ kg/m}^3 \\ &= 56,3341 \text{ lb/ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi cairan} &= 16,4804 \text{ ft} \\ &= 5,0232 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan Hidrostatik} &= \frac{\rho \text{ campuran} \times g/gc \times H_{\text{cairan}}}{144} \\ &= \frac{56.3341 \times 1 \times 16.4804}{144} \\ &= 6,4473 \text{ psi} \end{aligned}$$

Maka, Tekanan absolut = tekanan operasi + tekanan hidrostatik

$$\text{Tekanan absolut} = (14,7 + 6,4473) \text{ psi}$$

$$\text{Tekanan absolut} = 21,1473 \text{ psi}$$

Tekanan desain 5-10 % diatas tekanan kerja absolut (Coulson, 1988:637)

Tekanan desain yang dipilih 10% P desain (Rules of Thumb. Walas, 1988)

$$\begin{aligned} &= 110\% \times 21,1473 \text{ psi P desain} \\ &= 23,2620 \text{ psi} \end{aligned}$$

c. Menentukan tebal dinding reaktor

Material penyusun reaktor yang digunakan adalah Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316, dikarenakan terdapat bahan yang bersifat korosif.

Pemilihan bahan material untuk reaktor cukup kuat dan tahan terhadap korosi serta mudah difabrikasi.

Ketebalan dinding *shell* :

Persamaan 14.34 Brownell & Young, 1959:275

didapatkan rumus tebal *shell* :

$$ts = \frac{P \cdot ri}{f \cdot E - 0,6 P} + C$$

Keterangan :

Ts = tebal *shell* , in

Ri = jari-jari *shell* = D/2 = 8,4792 in

F = *allowable stress*

= 12650 psi (Tabel 13.1 Brownell&Young, P.251)

E = *joint efisiensi tipe double-butt weld*

= 0,80 (tabel 13.2 Brownell & Young P.254)

C = *corrosion allowance*

= 0,125 in /10 tahun (tabel 6, Timmerhaus, P.542)

P = tekanan desain

= 23,2620 psi

Maka :  $ts = \frac{23,2620 \times 8,4792}{12650 \times 0,80 - 0,6 \times 23,2620} + 0,125$  ts

= 0,3526 in

Diambil ts standar :

ts = 3/8 in = 0,3750 in (tabel 5.6, Brownell & Young, P.88)

ID shell = 197,7648 in

OD shell = ID shell + 2 ts OD shell

= 197,7648 + (2 x 0,3750) in

OD shell = 198,5148 in

Dari tabel 5.7 (Brownell & Young P.88) untuk OD standar sebesar :

OD shell = 204 in  
= 16,999 ft  
= 5,181 m

Sehingga diperoleh nilai diameter dalam dan tinggi reaktor sesungguhnya sebesar :

ID shell = OD shell - 2 ts  
= 203,2500 in  
= 5,1626 m  
= 16,9307 ft

H shell = 197,7648 in  
= 5,0232 m  
= 16,4804 ft

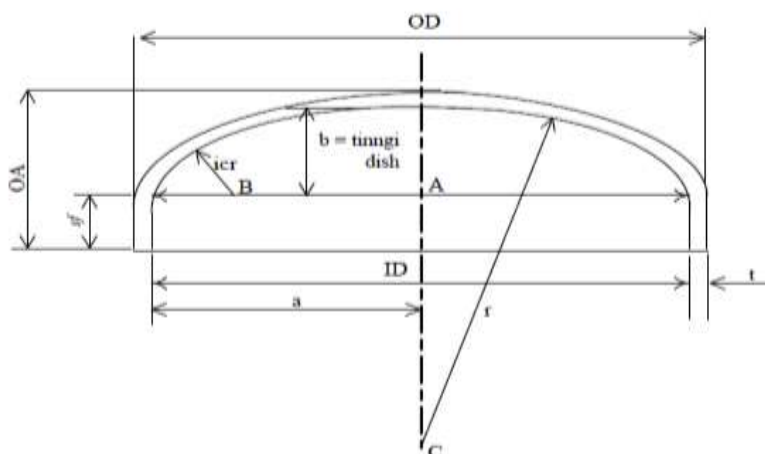
Serta didapatkan nilai icr dan rc sebagai berikut :

Icr = 12,25 in  
Rc = 170 in

d. Perancangan head dan bottom tangki Bentuk :

*Torispherical Dishhead Head*

Dasar pemilihan : digunakan untuk tangki dengan tekanan dalam rentang 15 psig (1,020689 atm) – 200 psig (13,60919 atm) dan harga lebih ekonomis.



- Menentukan dimensi tutup atas dan bawah

$$th = \frac{P r c w}{2fE - 0,2P} + C \dots \text{(persamaan 7.77, Brownell \& Young P.138)}$$

keterangan:

th = tebal *head*, m

w = faktor intensifikasi stress

f = *allowable stress*

$$= 12650 \text{ psi}$$

E = *joint efficienci*

$$= 0,80$$

C = *corrosion allowance*

$$= 0,125$$

$$P = \text{Tekanan desain} = 23,262 \text{ psi}$$

Dari standarisasi OD shell didapatkan nilai sebesar :

$$OD = 204 \text{ in}$$

Maka *inside corner radius*,

$$Icr = 49/4 \text{ in} = 12,25 \text{ in}$$

$$Rc = 170 \text{ in}$$

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

$$= \frac{1}{4} \left( 3 + \sqrt{\frac{170}{12,25}} \right)$$

$$= 1,6813 \text{ in}$$

$$th = \frac{23,262 \times 170 \times 1,6813}{2 \times 12650 \times 0,80 - 0,2 \times 23,262} + 0,125$$

$$= 0,4536 \text{ in}$$

$$th \text{ standar} = 1/2 \text{ in} = 0,5 \text{ in} \quad \text{(tabel 5.6, Brownell \& Young P.88)}$$

$$\text{tebal } bottom = \text{tebal } head = 1/2 \text{ in untuk } th = 1/2 \text{ in ,}$$

$$\text{maka sf} = 1,5 - 3 \quad \text{(tabel 5.6, Brownell \& Young P.88)}$$

$$\text{dipilih sf} = 2,25 \text{ in}$$

$$AB = (ID/2) - icr$$

$$= (203,250/2) - 12,25 \text{ in}$$

$$= 87,125 \text{ in}$$

$$BC = rc - icr$$

$$= 170 - 12,25 \text{ in}$$

$$= 157,7500 \text{ in}$$

- Menentukan *depth of dish*

$$b = rc - \sqrt{(rc - icr)^2 - \left(\frac{ID}{2} - icr\right)^2} \quad (\text{Brownell \& young pg.87 fig 5.8})$$

$$b = 170 - \sqrt{(170 - 12,25)^2 - \left(\frac{5,0232}{2} - 12,25\right)^2}$$

$$b = 40,0109 \text{ in}$$

- Menentukan tinggi dan volume *dish head*

$$OA = th + b + sf \quad (\text{Brownell \& Young P.87})$$

$$OA = 0,4536 + 40,0109 + 2,25$$

$$OA = 42,76 \text{ in}$$

Jadi tinggi *dished head*,

$$Hd = 1,0861 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi total reaktor} &= Hs + 2 \cdot Hd \\ &= 5,0232 \text{ m} + (2 \times 1,0861) \text{ m} \end{aligned}$$

$$= 7,1955 \text{ m}$$

$$= 283,2865 \text{ in}$$

$$= 23,6072 \text{ ft}$$

Volume pada sf

$$V_{sf} = \frac{\pi}{4} ID^2 \cdot sf$$

$$= \frac{3,14}{4} \times 203,250^2 \times 2,25$$

$$V_{sf} = 73.001,7898 \text{ in}^3$$

$$V_{head} = 2 (V_{dish} + V_{sf})$$

$$V_{dish} = 0,000049 D^3 \quad (\text{Pers 5.11, Brownell hal 88})$$

$$V_{dish} = 0,000049 (203,250)^3$$

$$V_{dish} = 411,4222 \text{ in}^3$$

Maka  $V_{head}$ ,

$$V_{head} = (0,2381 + 42,2464) \text{ ft}^3$$

$$= 42,4845 \text{ ft}^3$$

## 6. Desain Sistem Pengaduk

$$V = 82,9132 \text{ m}^3$$

$$= 21.903,33 \text{ gallon}$$

$$\rho = 902,3854 \text{ kg/m}^3$$

$$= 56,3341 \text{ lb/ft}^3$$

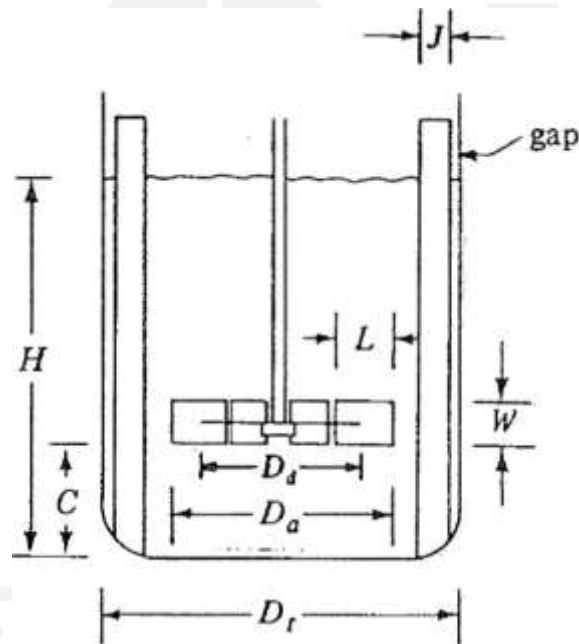
$$\pi = 7,3213 \text{ cP}$$

$$= 0,0049 \text{ lb/ft-s}$$

a. Dimensi pengaduk

Digunakan jenis *flat six blade turbine*. Karena dapat digunakan untuk campuran berviskositas  $< 100.000 \text{ cp}$  (Geankoplis 1993 hal 143).

Dalam perancangan untuk pengaduk dilakukan dengan prinsip similaritas menggunakan model yang sesuai dengan referensi dibuku. Dimana untuk referensi buku yang digunakan berjumlah 2 buku yaitu (*Brown fig. 477 p. 507*) dan (*Geankoplis tab. 3.4-1 p. 144*). Berikut penjabaran rumus geometrinya:



Keterangan :

$D_i$  = Diameter Pengaduk

$Z_i/C$  = Jarak Pengaduk Dari Dasar Tangki

$L$  = Panjang *Blade*

$J$  = Lebar *Baffle*

$W$  = Lebar *Impeller*

$D_d$  = Diameter Batang Penyangga *Impeller*

*Offset 1* = Jarak *Baffle* Dari Dasar Tangki

*Offset 2* = Jarak *Baffle* Dari Permukaan Cairan

Dimensi :

$$D_i = Dt/3 \quad (\text{Brown fig. 477 p. 507})$$

$$= \frac{203,250 \text{ in}}{3}$$

$$= 67,75 \text{ in}$$

$$= 1,721 \text{ m}$$

$$= 5,646 \text{ ft}$$

$$Z_i = 1 \times D_i \quad (\text{Brown fig. 477 p. 507})$$

$$= 1 \times 67,833 \text{ in}$$

$$= 67,75 \text{ in}$$

$$= 1,721 \text{ m}$$

$$= 5,646 \text{ ft}$$

$$L = 0,25 \times D_i \quad (\text{Metcalf and Eddy, 1991})$$

$$= 0,25 \times 67,75 \text{ in}$$

$$= 16,9375 \text{ in}$$

$$= 0,430 \text{ m}$$

$$= 1,411 \text{ ft}$$

$$J = 0,17 \times D_i \quad (\text{Brown fig. 477 p. 507})$$

$$= 0,17 \times 67,833 \text{ in}$$

$$= 11,5175 \text{ in}$$

$$= 0,293 \text{ m}$$

$$= 0,960 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned}
 W &= 0,2 \times D_i \quad (\text{Geankoplis tab. 3.4-1 p. 144}) \\
 &= 0,2 \times 67,833 \text{ in} \\
 &= 13,55 \text{ in} \\
 &= 0,344 \text{ m} \\
 &= 1,129 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_d &= \frac{2}{3} \times D_i \quad (\text{Geankoplis tab. 3.4-1 p. 144}) \\
 &= \frac{2}{3} \times 67,833 \text{ in} \\
 &= 45,1667 \text{ in} \\
 &= 1,147 \text{ m} \\
 &= 3,764 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Offset 1} &= \frac{1}{2} \times D_i \quad (\text{Wallas p. 288}) \\
 &= \frac{1}{2} \times 67,833 \text{ in} \\
 &= 33,875 \text{ in} \\
 &= 0,860 \text{ m} \\
 &= 2,823 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Offset 2} &= \frac{1}{6} \times J \quad (\text{Wallas p. 288}) \\
 &= \frac{1}{6} \times 67,833 \text{ in} \\
 &= 1,920 \text{ in} \\
 &= 0,049 \text{ m} \\
 &= 0,160 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang Baffle} &= H_{ls} - (\text{Offset 1} + \text{Offset 2}) \\
 &= 3,940 \text{ m} - (0,860 \text{ m} + 0,049 \text{ m}) \\
 &= 3,027 \text{ m}
 \end{aligned}$$



b. Menentukan tinggi cairan

Tinggi Cairan dalam tangki formula dari buku Brown :

$$\begin{aligned} ZL &= Di \times 2,9 \\ &= 67,75 \text{ in} \times 2,9 \\ &= 196,475 \text{ in} \\ &= 4,990 \text{ m} \\ &= 16,3729 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

c. Menentukan jumlah pengaduk (*Wallas, p. 288*).

Ratio tinggi permukaan cairan dan diameter tangki

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Massa Umpan}}{\rho \text{ Campuran}} \\ &= \frac{197,7648 \text{ in}}{203,250 \text{ in}} \\ &= 0,9730 \end{aligned}$$

Berdasarkan Referensi (*Wallas, p. 288*) jumlah pengaduk yang dipakai

$$= 1 \text{ buah.}$$

Menentukan *power* pengadukan (*Walas, P 292*)

*Trial* nilai N (rps)

Pada reaksi dengan transfer panas , nilai V (*tip speed*) berkisar 10 ft/sec s/d 15 ft/sec.

$$\begin{aligned} N &= \frac{600}{(\pi \times Da) \sqrt{\left(\frac{WELH}{2 \times Da}\right)}} \\ &= \frac{600}{(3,14 \times 5,646 \text{ ft}) \sqrt{\left(\frac{12,412 \text{ ft}}{2 \times 5,646 \text{ ft}}\right)}} \\ &= 35,466 \text{ rpm} \\ &= 0,591 \text{ rps} \end{aligned}$$

- Menentukan *Reynold Number*

$$Re = \frac{N Di^2 \times \rho}{\mu} \quad (\text{geankoplis pers. 3.4-1, 1978})$$

$$Re = \frac{0,617 \text{ rps} \times 1,721 \text{ m} \times 51,3555 \text{ lb/ft}^3}{5,0073 \frac{\text{lb}}{\text{s} \cdot \text{ft}}}$$

$$Re = 18,7292 \text{ rps (turbulen)}$$

- Menentukan *power*

$$N_p = \frac{P \times g_c}{N^3 \times Di^5 \times \rho} \quad (\text{fig 477, Brown Hal 507})$$

$$P = \frac{N_p \times N^3 \times Di^5 \times \rho}{g_c} = \frac{6 \times (0,617 \text{ rps})^3 \times 5,646 \text{ ft}^5 \times 51,356 \text{ lb/ft}^3}{32,1784 \frac{\text{ft}}{\text{sec}^2}}$$

$$= 12.881,4726 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}}{\text{sec}}$$

$$= 23,421 \text{ Hp}$$

$$= 17,465 \text{ kWh}$$

$$\text{Effisiensi motor} = 80\%$$

$$\text{Power standar} = 21,8312 \text{ Hp}$$

Standarisasi menurut NEMA power pengadukan yang dibutuhkan 25 Hp.

## 2. Perancangan Pendingin

Reaksi yang berjalan didalam reaktor adalah reaksi eksotermis. Maka dibutuhkannya jaket pendingin/koil sehingga suhu di reaktor tetap 60 °C.

### a. Neraca panas pada reaktor

| Komponen    | Input (Kj/Kg)   | Output (Kj/Kg)  |
|-------------|-----------------|-----------------|
| FA          | 115.373,912     | 156.609,1342    |
| CH4O        | 1.591.162,931   | 1.438.393,8432  |
| H2SO4       | 191.486,6204    | 191.486,6204    |
| ME          |                 | 1.021.862,0467  |
| H2O         | 272.614,477     | 140.999,7631    |
| Reaksi      | 17.754.788,1385 |                 |
| Pendinginan |                 | 18.013.074,6714 |
| Total       | 20.962.426,0790 | 20.962.426,0790 |

b. Menghitung  $\Delta T$  LMTD

| Komponen                         | O <sub>c</sub> | K   | F   |
|----------------------------------|----------------|-----|-----|
| Suhu fluida panas masuk reaktor  | 60             | 333 | 140 |
| Suhu fluida panas keluar reaktor | 60             | 333 | 140 |
| Suhu fluida dingin masuk jaket   | 30             | 303 | 86  |
| Suhu fluida dingin keluar jaket  | 45             | 318 | 113 |

| Notasi | Fluida Panas (°C) | Fluida Dingin (°C) | $\Delta T$ (°C) |
|--------|-------------------|--------------------|-----------------|
| 1      | 60                | 45                 | 15              |
| 2      | 60                | 30                 | 30              |

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}}$$

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{30 - 15}{\ln \frac{30}{15}} + 32$$

$$\Delta T_{LMTD} = 70.9527 \text{ F}$$

Dari tabel.8 Kern didapatkan Overall heat transfer UD

Nilai UD untuk *light organics (hot)* dan air (*cold*) sebesar 75-150Btu/ft<sup>2</sup>.F jam

a. Menentukan jenis pendingin

- Luas perpindahan panas yang tersedia (luas selimut) Diketahui :

$$D_o = 204 \text{ in}$$

$$= 16,9932 \text{ ft}$$

$$H_s = 197,7648 \text{ in}$$

$$= 16,4804 \text{ ft}$$

Sehingga diperoleh nilai A :

$$A = \text{luas selimut reaktor} + \text{luas penampang bawah reaktor}$$

$$A = \pi \cdot D \cdot H + \pi/4 \cdot D^2$$

$$= 3,14 \times 16,9932 \text{ ft} \times 16,4804 \text{ ft} + \frac{3,14}{4} \times 16,9932^2$$

$$= 1106,0555 \text{ ft}^2$$

- Luas perpindahan panas yang dibutuhkan  
Nilai UD untuk *Heavy Organics* (hot) dan *Water* (cold) sebesar 5- 75 Btu/ft<sup>2</sup>.F.jam.

Dipilih UD = 150 Btu/ft<sup>2</sup>.F.jam Diketahui :

$$\begin{aligned}
 Q &= 18.013.074,6714 \text{ kJ/jam} \\
 &= 4.302.350,8330 \text{ kkal/jam} \\
 &= 17.073.098,3958 \text{ Btu/jam}
 \end{aligned}$$

$$\Delta T \text{ LMTD} = 70,9527 \text{ F}$$

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{Q}{U_D \Delta T_{LMTD}} \\
 &= \frac{17.073.098,3958 \text{ Btu/jam}}{150 \frac{\text{Btu}}{\text{ft}^2} \text{ F jam} \times 70,9528 \text{ F}} \\
 &= 1604,1750 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa pendingin yang digunakan adalah “Koil pendingin” karena luas perpindahan panas yang tersedia (luas selimut) lebih besar daripada luas transfer panas yang dibutuhkan.

A Transfer panas > A Selimut yang Tersedia

$$1604,1750 \text{ ft}^2 > 1106,055337 \text{ ft}^2$$

c. Perancangan koil pendingin

$$Q = 18.013.074,6714 \text{ kJ/jam}$$

$$C_p = 4,1799 \text{ kJ/kg.K} \quad (\text{Perry 1984 tabel 2-355 pg 352})$$

$$\rho \text{ air} = 994,0320 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{Perry 1984 tabel 2-355 pg 352})$$

$$= 62,055 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Massa air} = 321.693,6409 \text{ kJ/jam}$$

$$= 709.206 \text{ lb/jam}$$

- Kecepatan Volumetrik Air

$$Q_v = \frac{m \text{ air}}{\rho \text{ air}}$$

$$= \frac{18.013.074,6714 \text{ kJ/jam}}{994,0320 \text{ kg/m}^3}$$

$$= 18.121,2221 \text{ m}^3/\text{jam}$$

- Menentukan diameter *minimum* koil

Untuk aliran dalam koil/tube, batasan kecepatan antara 1,5-2,5 m/s.

(Culson pg, 527), Dipilih:

$$\begin{aligned} V \text{ pendingin} &= 2,5 \text{ m/s (Culson pg. 527)} \\ &= 2,5 \times 3600 = 9000 \text{ m/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{V \text{ pendingin}}{Q_v} \\ &= \frac{18.121,2221 \text{ m}^3/\text{jam}}{9000 \text{ m/jam}} \\ &= 2,0135 \text{ m}^2 \\ &= 21,6730 \text{ ft}^2 \\ &= 3120,8832 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ID} &= \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 2,0135 \text{ m}^2}{3,14}} \\ &= 1,6015 \text{ m} \\ &= 63,0526 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipilih: diameter standar (kern tabel 11 pg 844)

$$\text{NPS} = 24 \text{ in}$$

$$\text{Schedule Number} = 20 \text{ in}$$

$$\text{OD} = 24 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 23,25 \text{ in}$$

$$\text{Luas Penampang (A')} = 425 \text{ in}^2$$

$$\text{Luas Perpan (A'')} = 6,2830 \text{ in}^2/\text{ft}$$

$$\begin{aligned} \text{L/D} &= \frac{12}{1,9375 \text{ ft}} \\ &= 6,1935 \end{aligned}$$

- Menentukan hi

Desain koefisien transfer panas

$$\begin{aligned} \rho \text{ air} &= 1.016,10 \text{ kg/m}^3 \\ &= 63,404 \text{ lb/ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu \text{ air} &= 0,6991 \text{ cp} \\ &= 1,6912 \text{ lb/ft.jam} \end{aligned}$$

$$k \text{ air} = 0,622 \text{ Btu/ft.jam.}^\circ\text{F}$$

$$C_p \text{ air} = 342,190 \text{ Btu/lb. } ^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned} Gt &= \frac{M}{A} \\ &= \frac{39.711.624 \frac{\text{lb}}{\text{jam}}}{2,9514 \text{ ft}^2} \\ &= 13.455.232,74 \text{ lb/ft}^2 \cdot \text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v &= \frac{Gt}{\rho} \\ &= \frac{13.455.232,74 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2} \cdot \text{jam}}{63,4044 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 212.212,78 \text{ ft/jam} \\ &= 64,682 \text{ m/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Re} &= \frac{ID \times Gt}{\mu \text{ air}} \\ &= \frac{1,9375 \text{ ft} \times 13.455.232,74 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2} \cdot \text{jam}}{1,6912 \frac{\text{lb}}{\text{ft}} \cdot \text{jam}} \\ &= 15.414.983,53 \text{ (turbulen } > 4000) \end{aligned}$$

$$j_H = 1000 \text{ (grafik kern 1983 pg. 834)}$$

$$j_H = \frac{hi \cdot D}{k} \left( \frac{cp \cdot \mu}{k} \right)^{-\frac{1}{3}} \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-0,14}$$

$$\begin{aligned} hi &= j_H \times \left( \frac{k \text{ air}}{ID} \right) \times \left( \frac{Cp \text{ air} \times \mu \text{ air}}{k \text{ air}} \right)^{\frac{1}{3}} \times 1 \\ &= 1000 \times \left( \frac{0,6222 \frac{\text{Btu}}{\text{ft}} \cdot \text{jam} \cdot ^\circ\text{F}}{1,9375 \text{ ft}} \right) \times \left( \frac{342,1903 \frac{\text{btu}}{\text{lb}} \cdot \text{F} \times 1,6912 \frac{\text{lb}}{\text{ft}} \cdot \text{jam}}{0,6222 \frac{\text{Btu}}{\text{ft}} \cdot \text{jam} \cdot ^\circ\text{F}} \right)^{\frac{1}{3}} \times 1 \\ &= 3134,7108 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{F} \end{aligned}$$

- Koefisien transfer panas koil ke reaktor

$$\begin{aligned} h_{io} &= h_i \times \left( \frac{ID}{OD} \right) \\ &= 3134,7108 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{F} \times \left( \frac{2 \text{ ft}}{1,9375 \text{ ft}} \right) \\ &= 3036,7511 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{F} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D \text{ spiral koil} &= 75\% \times D \text{ tangka} \\ &= 0,75 \times 203,250 \text{ in} \\ &= 152,4375 \text{ inch} \\ &= 12,6980 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{hio koil} &= 1 + 3,5 \times \left( \frac{ID}{D \text{ spiral koil}} \right) \times \text{hio} \quad (\text{Kern, pg. 721}) \\
 &= 1 + 3,5 \times \left( \frac{1,9375 \text{ ft}}{12,6980 \text{ ft}} \right) \times 3036,7511 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam.F} \\
 &= 4658,4944 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam.F}
 \end{aligned}$$

- Koefisien transfer panas dari reaktor ke koil

$$\begin{aligned}
 h_o &= 0,87 \times \left( \frac{k}{D} \right) \times \left( \frac{L p^2 \times N \times \rho}{\mu} \right)^{\frac{2}{3}} \times \left( \frac{c_p \times \mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,4} \quad (\text{Kern pg. 722}) \\
 &= 0,87 \times \left( \frac{0,3597 \frac{\text{Btu}}{\text{ft}} \cdot \text{jam.}^\circ\text{F}}{23,25 \text{ in}} \right) \times \left( \frac{5,646^2 \text{ ft} \times 2220 \text{ rpm} \times 0,0563 \text{ lb/ft}^2}{17,7176 \frac{\text{lb}}{\text{ft}} \cdot \text{jam}} \right)^{\frac{2}{3}} \times \\
 &\quad \left( \frac{11105371 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}} \cdot \text{F} \times 17,7176 \frac{\text{lb}}{\text{ft}} \cdot \text{jam}}{0,3597 \frac{\text{Btu}}{\text{ft}} \cdot \text{jam.}^\circ\text{F}} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left( \frac{17,7176 \frac{\text{lb}}{\text{ft}} \cdot \text{jam}}{1} \right)^{0,4} \\
 &= 1285,5438 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam.F}
 \end{aligned}$$

- Koefisien transfer panas dalam keadaan bersih

$$\begin{aligned}
 U_c &= \frac{h_o \times \text{hio koil}}{\text{hio koil} + h_o} \\
 &= \frac{1285,5438 \frac{\text{Btu}}{\text{ft}^2} \cdot \text{jam.F} \times 4.658,4944 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam.F}}{1285,5438 \frac{\text{Btu}}{\text{ft}^2} \cdot \text{jam.F} + 4.658,4944 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam.F}} \\
 &= 1007,5135 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam.F}
 \end{aligned}$$

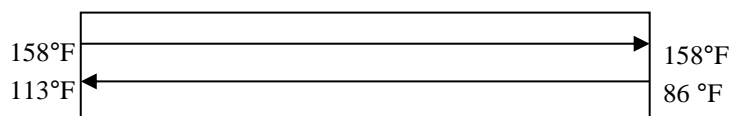
- Koefisien transfer panas ketika kotor (aktual)

Nilai  $R_d$  untuk senyawa *Organics* sebesar 0,001 (Kern pg 845)

$$\begin{aligned}
 h_D &= \frac{1}{R_d} \\
 U_d &= \frac{h_D \times U_c}{h_D + U_c} \\
 &= \frac{1000 \frac{\text{Btu}}{\text{ft}^2} \cdot \text{jam.F} \times 1.007,5135 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam.F}}{1000 \frac{\text{Btu}}{\text{ft}^2} \cdot \text{jam.F} + 1.007,5135 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam.F}} \\
 &= 501,8713 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam.F}
 \end{aligned}$$

- Luas bidang transfer

panas



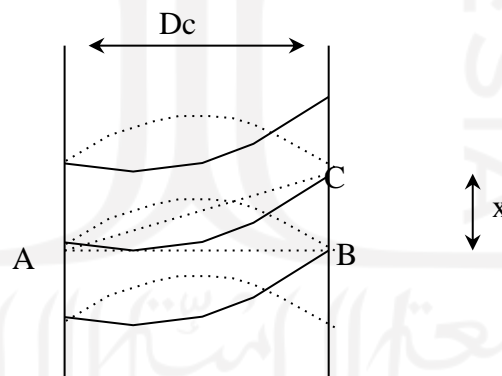
$$\begin{aligned}
 A &= \frac{Q_{\text{total}}}{Ud \times \Delta T_{\text{LMTD}}} \\
 &= \frac{17.073.098,3958 \text{ Btu/jam}}{501,8713 \frac{\text{Btu}}{\text{jam}} \text{ft}^2 \cdot \text{F} \times 70,9528 \text{ F}} \\
 &= 479,4581 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

- Panjang koil

$$\begin{aligned}
 L_{\text{pipa}} &= \frac{A}{\text{Luas perpan (a'')}} \\
 &= \frac{479,4581 \text{ ft}^2}{6,2830 \text{ ft}^2/\text{ft}} \\
 &= 76,3104 \text{ ft} \\
 &= 23,2594 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Jumlah lengkungan koil

$$\begin{aligned}
 D_c &= 0,7 \times \text{ID tangki} \\
 &= 0,7 \times 203,250 \text{ in (Brownell \& young, 1959:90)} \\
 &= 142,2750 \text{ in} \\
 &= 11,8563 \text{ ft}
 \end{aligned}$$



$$AB = ID$$

$$BC = x$$

$$\begin{aligned}
 AC &= \sqrt{(AB)^2 + (BC)^2} \\
 AC &= \sqrt{(ID)^2 + x^2}
 \end{aligned}$$

$$\text{busur AB} = \frac{1}{2}\pi D_c$$

$$\text{busur AC} = \frac{1}{2}\pi AC$$



$$\begin{aligned}
 x &= 0,5 \times \text{OD} \\
 &= 0,5 \times 24 \text{ in} \\
 &= 12 \text{ in} \\
 &= 1 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Panjang satu putaran:

$$K \text{ lilitan} = \frac{1}{2} \text{ putaran miring} + \frac{1}{2} \text{ putaran datar}$$

$$\begin{aligned}
 K \text{ lilitan} &= \frac{1}{2} \pi (Dc) + \frac{1}{2} \pi (Dc^2 + x^2)^{\frac{1}{2}} \\
 &= \frac{1}{2} \times 3,14 (11,8563 \text{ ft}) + \frac{1}{2} \times 3,14 (11,8563^2 \text{ ft} + 1^2 \text{ ft})^{\frac{1}{2}} \\
 &= 37,2947 \text{ ft} \\
 &= 447,5366 \text{ in} \\
 &= 11,3674 \text{ m}
 \end{aligned}$$

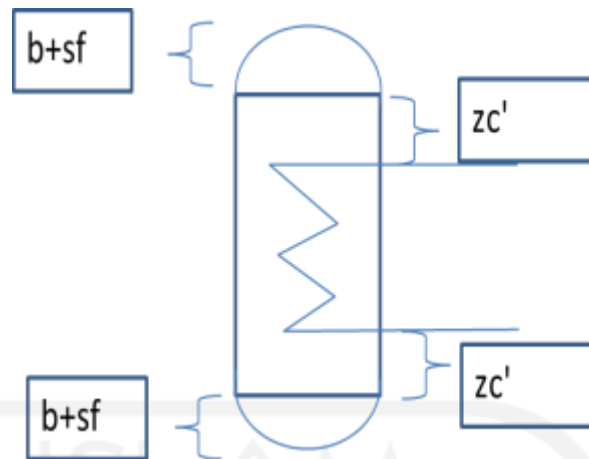
- Banyaknya lilitan

$$\begin{aligned}
 N \text{ lilitan} &= \frac{L \text{ pipa koil}}{K \text{ lilitan}} \\
 &= \frac{76,3104 \text{ ft}}{37,2947 \text{ ft}}
 \end{aligned}$$

$$2,0461 \approx 2 \text{ lilitan}$$

- Tinggi tumpukan dan tinggi cairan setelah ada koil

$$\begin{aligned}
 T \text{ tumpukan koil} &= (N_{\text{lilitan}} - 1) \times 1 \text{ ft} + N_{\text{lilitan}} \times \text{OD} \\
 &= (2 - 1) \times 1 \text{ ft} + 2 \times 2 \\
 &= 5 \text{ ft} \\
 &= 1,524 \text{ m} \\
 &= 60 \text{ inch}
 \end{aligned}$$



Tinggi cairan dalam *shell* akan naik karena adanya volume dari koil.

Asumsi : Semua koil tercelup di dalam cairan

$$V \text{ cairan dalam shell} = 81,1408 \text{ m}^3$$

$$V \text{ koil} = 27,1405 \text{ m}^3$$

$$A \text{ shell} = 15,1161 \text{ m}^2$$

$$Z_c = 7,1633 \text{ m}$$

$$= 282,0189 \text{ in}$$

T cairan setelah ada koil ( $Z_{c2}$ )

$$Z_{c2} = Z_c + b + sf$$

$$= 282,0189 \text{ in} + 40,0109 \text{ in} + 2,25 \text{ in}$$

$$= 324,2797 \text{ in}$$

$$= 8,2367 \text{ m}$$

- *Pressure drop*

$$Re = 15.414.983,53$$

$$f = 0,00001 + \left( \frac{0,264}{Re^{0,42}} \right)$$

$$= 0,00001 +$$

$$\left( \frac{0,264}{15.414.983,53^{0,42}} \right)$$

$$= 0,00026 \text{ ft}^2/\text{in}^2$$

Karena yang mengalir dalam tube adalah steam,  $s = 1$ , dan perbedaan suhu tidak terlalu besar, sehingga bisa diasumsikan  $\mu = \mu_w$ , maka  $\theta_t = 1$ .

$$\begin{aligned} \Delta P_t &= \frac{f \times v^2 \times L \text{ pipa koil}}{5,22 \times 10^{10} \times ID \times 1} \\ &= \frac{0,00026 \text{ ft}^2/\text{in}^2 \times 212.212,78^2 \frac{\text{ft}}{\text{jam}} \times 76,3104 \text{ ft}}{5,22 \times 10^{10} \times 1,9375 \text{ ft} \times 1} \\ &= 0,0089 \text{ psi} \\ \Delta P_t &< 2 \text{ psi} \end{aligned}$$

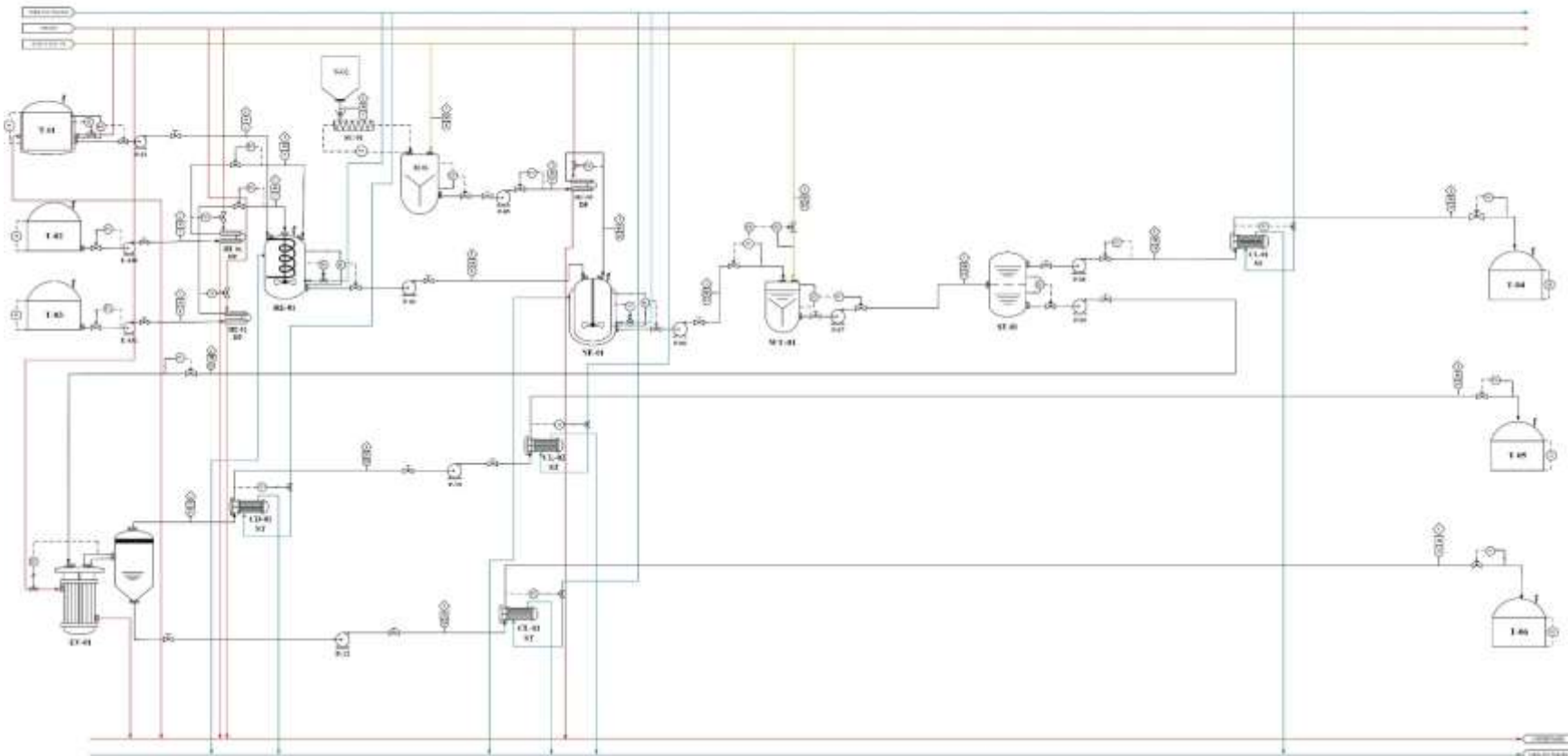




# LAMPIRAN B



**PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM  
PRARANCANGAN PABRIK KIMIA BIODIESEL DARI PALM FATTY ACID  
DISTILLATE DENGAN KAPASITAS 130.000 TON/TAHUN**



| Komponen            | Area (kg/year) |        |        |        |        |        |        |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
|---------------------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|
|                     | 1              | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |  |
| PFAD (kg/year)      | 130000         |        |        |        |        |        |        |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| Metanol (kg/year)   |                | 130000 |        |        |        |        |        |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| NaOH (kg/year)      |                |        | 130000 |        |        |        |        |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| Water (kg/year)     |                |        |        | 130000 |        |        |        |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| Biodiesel (kg/year) |                |        |        |        | 130000 |        |        |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| Glycerol (kg/year)  |                |        |        |        |        | 130000 |        |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| Loss (kg/year)      |                |        |        |        |        |        | 130000 |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |

| Legenda |                     |
|---------|---------------------|
| 1       | Area                |
| 2       | Flow                |
| 3       | Control Valve       |
| 4       | Instrument          |
| 5       | Storage Tank        |
| 6       | Reactor             |
| 7       | Separator           |
| 8       | Distillation Column |
| 9       | Heat Exchanger      |
| 10      | Compressor          |
| 11      | Pump                |
| 12      | Motor               |

| Detail Equipment |                     |
|------------------|---------------------|
| 1                | Storage Tank        |
| 2                | Reactor             |
| 3                | Separator           |
| 4                | Distillation Column |
| 5                | Heat Exchanger      |
| 6                | Compressor          |
| 7                | Pump                |
| 8                | Motor               |

**PT. SUDIRTA PERKASA**  
Jl. Raya Pematang Siantar No. 100  
Pematang Siantar, Sumatera Utara  
20132

**PROJEK PERENCANAAN ALIRAN PROSES  
RANCANGAN ALIRAN BIODIESEL DARI  
PALM FATTY ACID DISTILLATE (PFAD)  
DENGAN KAPASITAS 130.000 TON/TAHUN**

**REVISI NO. 01**

1. Nama Nara Sempurna : (1701111)  
2. Nama Nara Sempurna : (1701125)

**REVISI PERENCANAAN**  
Dr. Agus Wahyuni, S.T., M.Sc.  
Terdahulu, Sekretaris Sari, Sengulita, A.S., M.Eng.

## KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Dewi Noviaty  
No. MHS : 17521111
2. Nama Mahasiswa : Sarah Sabila Nur Azmi  
No. MHS : 17521125

Judul Prarancangan \*):

PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI PALM FATTY ACID  
DISTILLATE (PFAD) DENGAN KAPASITAS 130.000 TON/TAHUN

Mulai Masa Bimbingan : 23 April 2021

Batas Akhir Bimbingan : 23 Juni 2021

| No | Tanggal   | Materi Bimbingan                            | Paraf Dosen                                                                           |
|----|-----------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 23/4/2021 | Bimbingan Terkait Judul Prarancangan Pabrik |  |
| 2  | 27/4/2021 | Data Menentukan Kapasitas                   |  |
| 3  | 9/6/2021  | Tugas Spesifikasi Produk & Bahan Baku       |  |
| 4  | 15/6/2021 | Proses Pemilihan Pabrik                     |  |
| 5  | 15/6/2021 | Reaksi Esterifikasi                         |  |
| 6  | 17/6/2021 | Diagram Alir                                |  |
| 7  | 23/6/2021 | Neraca Massa                                |  |

Disetujui Draft Penulisan :

Yogyakarta, 8 Oktober 2021

Pembimbing



Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T.

### KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Dewi Noviaty  
No. MHS : 17521111
2. Nama Mahasiswa : Sarah Sabila Nur Azmi  
No. MHS : 17521125

Judul Prarancangan \*) :

PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI PALM FATTY ACID  
DISTILLATE (PFAD) DENGAN KAPASITAS 130.000 TON/TAHUN

Mulai Masa Bimbingan : 24 Juni 2021

Batas Akhir Bimbingan : 28 September 2021

| No | Tanggal   | Materi Bimbingan         | Paraf Dosen                                                                                                                                                                 |
|----|-----------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 25/6/2021 | Neraca Massa             |                                                                                         |
| 2  | 29/6/2021 | Neraca Panas             |   |
| 3  | 1/9/2021  | Membahas Alat Pompa      |   |
| 4  | 7/9/2021  | Membahas Alat Evaporator |   |
| 5  | 13/9/2021 | Membahas Alat Separator  |   |
| 6  | 21/9/2021 | Membuat PFED             |   |
| 7  | 28/9/2021 | Analisa Ekonomi          |   |

Disetujui Draft Penulisan :

Yogyakarta, 8 Oktober 2021

Pembimbing



Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T.

## KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Dewi Noviaty  
No. MHS : 17521111
2. Nama Mahasiswa : Sarah Sabila Nur Azmi  
No. MHS : 17521125

Judul Prarancangan \*) :

PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI PALM FATTY ACID  
DISTILLATE (PFAD) DENGAN KAPASITAS 130.000 TON/TAHUN

Mulai Masa Bimbingan : 20 April 2021

Batas Akhir Bimbingan : 1 Juli 2021

| No | Tanggal   | Materi Bimbingan                            | Paraf Dosen |
|----|-----------|---------------------------------------------|-------------|
| 1  | 20/4/2021 | Bimbingan Terkait Judul Prarancangan Pabrik |             |
| 2  | 10/6/2021 | Membahas Kapasitas                          |             |
| 3  | 12/6/2021 | Menentukan Kapasitas                        |             |
| 4  | 16/6/2021 | Neraca Massa                                |             |
| 5  | 26/6/2021 | Naskah Bab 1                                |             |
| 6  | 27/6/2021 | Naskah Bab 2                                |             |
| 7  | 1/7/2021  | Revisi Bab 1 Dan 2                          |             |

Disetujui Draft Penulisan :

Yogyakarta, 8 Oktober 2021

Pembimbing



Venitalitya A. S. Augustia, S.T., M.Eng



## KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Dewi Noviaty  
No. MHS : 17521111
2. Nama Mahasiswa : Sarah Sabila Nur Azmi  
No. MHS : 17521125

Judul Prarancangan \*) :

PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI PALM FATTY ACID  
DISTILLATE (PFAD) DENGAN KAPASITAS 130.000 TON/TAHUN

Mulai Masa Bimbingan : 13 Juli 2021

Batas Akhir Bimbingan : 5 Oktober 2021

| No | Tanggal   | Materi Bimbingan                | Paraf Dosen |
|----|-----------|---------------------------------|-------------|
| 1  | 13/7/2021 | Neraca Panas                    |             |
| 2  | 15/7/2021 | Neraca Panas                    |             |
| 3  | 22/7/2021 | Revisi Neraca Massa             |             |
| 4  | 2/8/2021  | Menghitung Alat Besar Dan Kecil |             |
| 5  | 31/8/2021 | Naskah Bab 3                    |             |
| 6  | 9/9/2021  | Revisi Naskah Bab 3             |             |
| 7  | 5/10/2021 | Bab 4 dan 5                     |             |

Disetujui Draft Penulisan :

Yogyakarta, 8 Oktober 2021

Pembimbing



Venitalitya A. S. Augustia, S.T., M.Eng