

**SKRIPSI**

**PRA RANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI ALANG-ALANG**  
**MELALUI PROSES TERMOKIMIA GASIFIKASI DENGAN**  
**KAPASITAS PRODUKSI 15.000 TON/TAHUN**



**Levrin Garcia Ginsky      2110017411010**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana Pada Jurusan**  
**Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**UNIVERSITAS BUNG HATTA**  
**2025**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**SKRIPSI**

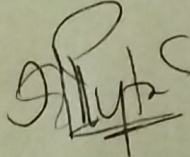
**PRA RANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI ALANG-ALANG  
MELALUI PROSES TERMOKIMIA GASIFIKASI DENGAN  
KAPASITAS PRODUKSI 15.000 TON/TAHUN**

Oleh:

**LEVRIN GARCIA GINSKY**  
**2110017411010**

Disetujui oleh :

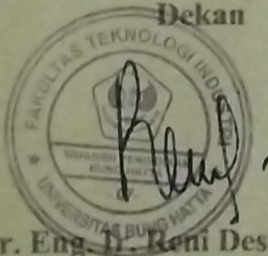
Pembimbing



**Dr. Ellyta Sari, S.T., M.T.**

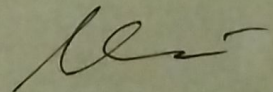
Diketahui Oleh :

**Fakultas Teknologi Industri**  
**Dekan**



**Prof. Dr. Eng. D. Reni Desmiarti, S.T., M.T**

**Jurusan Teknik Kimia**  
**Ketua**

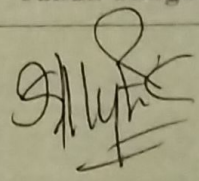
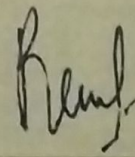
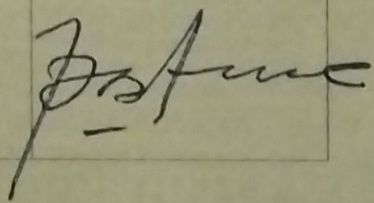


**Dr. Maria Ulfah, S.T., MT**

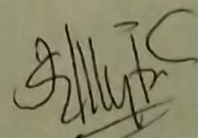
**LEMBAR PENGESAHAN REVISI**  
**SKRIPSI**

**PRA RANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI ALANG-ALANG**  
**MELALUI PROSES TERMOKIMIA GASIFIKASI DENGAN**  
**KAPASITAS PRODUKSI 15.000 TON/TAHUN**

Nama : Levrin Garcia Ginsky  
NPM : 2110017411010  
Tanggal Sidang : 08 Agustus 2025

| Jabatan    | Nama                                         | Tanda Tangan                                                                          |
|------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Pembimbing | Dr. Ellyta Sari, S.T., M.T.                  |   |
| Penguji I  | Prof. Dr. Eng. Ir. Reni Desmiarti, S.T., M.T |  |
| Penguji II | Prof. Dr. Pasymi, S.T., M.T                  |  |

Pembimbing



Dr. Ellyta Sari, S.T., M.T.

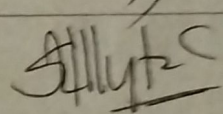
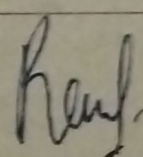
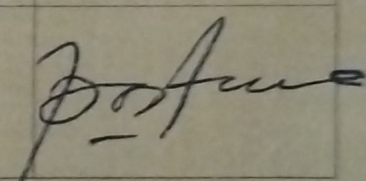
**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI  
SKRIPSI**

**PRA RANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI ALANG-ALANG  
MELALUI PROSES TERMOKIMIA GASIFIKASI DENGAN  
KAPASITAS PRODUKSI 15.000 TON/TAHUN**

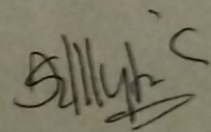
Oleh:

**LEVRIN GARCIA GINSKY**  
**2110017411010**

**Sidang Tugas Akhir Sarjana Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi  
Industri Universitas Bung Hatta dengan Tim Penguji :**

| Jabatan    | Nama                                         | Tanda Tangan                                                                          |
|------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Pembimbing | Dr. Ellyta Sari, S.T., M.T.                  |  |
| Penguji I  | Prof. Dr. Eng. Ir. Reni Desmiarti, S.T., M.T |  |
| Penguji II | Prof. Dr. Pasyimi, S.T., M.T                 |  |

Pembimbing



**Dr. Ellyta Sari, S.T., M.T.**

|                                                                                                                                  |                                                         |                                          |                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br><b>Fakultas</b><br><b>Teknologi Industri</b> | <b>FORMULIR</b><br><b>PENILAIAN SEMINAR TUGAS AKHIR</b> |                                          | <br><b>Jurusan</b><br><b>Teknik Kimia</b> |
|                                                                                                                                  | <b>No. Dokumen</b><br>004/TA.02/TK-FTI/VIII-2025        | <b>Tanggal Terbit</b><br>08 Agustus 2025 |                                                                                                                             |

### BERITA ACARA SEMINAR TUGAS AKHIR

Pada hari *Jum'at* tanggal delapan bulan Agustus tahun dua ribu dua puluh lima, telah dilangsungkan Seminar Tugas Akhir Program Strata Satu ( S-1 ) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta, terhadap :

|                       |   |                                                                                                                                  |
|-----------------------|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nama                  | : | Levrin Garcia Ginsky                                                                                                             |
| NPM                   | : | 2110017411010                                                                                                                    |
| Judul Tugas Akhir     | : | Pra Prancangan Pabrik Bioetanol dari Alang-Alang Melalui Proses Termokimia Gasifikasi dengan Kapasitas Produksi 15.000 Ton/Tahun |
| Pembimbing            | : | Dr. Ellyta Sari,ST,MT                                                                                                            |
| Tanggal / Waktu Ujian | : | 08 Agustus 2025/ 15.15-16.45 WIB                                                                                                 |
| Ruang Ujian           | : | Ruang Sidang Teknik Kimia                                                                                                        |

Hasil Ujian : " Lulus \*) dengan/tanpa perbaikan, nilai: .....

\*) Tidak Lulus, dapat mengulang ujian pada :.....

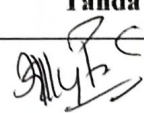
\*) Tidak lulus

Nilai Akhir :

Angka : **85,6**

Huruf : **C / C+ / B- / B / B+ / A- / A**

Tim Penguji

| Jabatan | Nama                                        | Tanda tangan                                                                             |
|---------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ketua   | 1. Dr. Ellyta Sari,ST,MT                    | 1.   |
| Anggota | 2. Prof. Dr. Eng. Ir. Reni Desmiarti, ST,MT | 2.  |
|         | 3. Prof. Dr. Pasymi, ST,MT                  | 3.   |

Demikianlah Berita Acara ini dikeluarkan agar dipergunakan seperlunya.

Mengetahui  
Dekan Fakultas Teknologi Industri

  
Prof. Dr. Eng. Ir. Reni Desmiarti, ST. MT.

Dikeluarkan : Di Padang  
Tanggal : 08 Agustus 2025  
Jurusan Teknik Kimia  
Ketua,

  
Dr. Maria Ulfah, ST., MT.

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT, karena telah memberikan kesempatan kepada kita untuk dapat menuntut ilmu, sehingga pada kesempatan ini berkat keridha'an dan bantuan-Nya penulis telah menyelesaikan Skripsi yang berjudul **“Pra Rancangan Pabrik Bioetanol Dari Alang-Alang Melalui Proses Termokimia Gasifikasi dengan Kapasitas Produksi 15.000 Ton/Tahun”**.

Pra Rancangan pabrik merupakan salah satu persyaratan akademis yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan pendidikan di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta.

Pembuatan Skripsi ini tidak terlepas dari do'a, dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Prof. Dr. Eng. Ir. Reni Desmiarti, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta Padang.
2. Ibu Dr. Maria Ulfah, S.T., MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Bung Hatta Padang.
3. Ibu Dr. Ellyta Sari, S.T., M.T selaku dosen pembimbing Pra Rancangan Pabrik yang telah memberikan arahan serta membagi motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini.
4. Seluruh dosen Teknik Kimia Universitas Bung Hatta yang telah memberikan ilmu pengetahuannya untuk penyelesaian Skripsi ini.
5. Orang tua dan keluarga tercinta yang senantiasa memberikan dorongan dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan sebaik-baiknya.
6. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah meluangkan waktunya untuk berdiskusi dan bertukar pendapat atau hanya sekedar membagi canda dan tawa.

Penulis menyadari Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan meskipun penulis telah berusaha semaksimal mungkin. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritikan dan saran dari pembaca demi perbaikan karya tulis ini. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Padang, 8 Agustus 2025

Penulis

## INTISARI

Pabrik Bioetanol ini dirancang dengan kapasitas 15.000 ton/tahun dengan menggunakan proses termokimia gasifikasi dengan bahan baku dari Alang-alang. Pabrik ini direncanakan berlokasi di Lampung, dan akan mulai beroperasi pada tahun 2029. Bioetanol diproduksi dari umpan berupa Alang-alang, reaktan CO dan H<sub>2</sub>, dan menggunakan katalis Cu. Reaksi pembentukan Bioetanol ini berlangsung pada suhu 218°C dan tekanan 55 atm dengan konversi maksimum pembentukan produk sebesar 70%.

Reaktor yang digunakan berupa fix bed multitube dengan perbandingan mol input CO:H<sub>2</sub> adalah 1:2. Kebutuhan listrik untuk keperluan operasional pabrik direncanakan berasal dari Turbin Uap yang dihasilkan dari gas panas hasil produksi yang diolah melalui WHB. Kebutuhan air direncanakan berasal dari Sungai Way Seputih. Total kebutuhan air pada kondisi kontinyu adalah 21.719,75 L/jam. Bentuk badan usaha pabrik Bioetanol ini adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi berupa *line and staff* dengan total karyawan sebanyak 321 orang. Jadwal kerja beberapa posisi karyawan dibagi menjadi 3 *shift*. Secara keseluruhan, pabrik beroperasi selama 24 jam/hari dan 300 hari/tahun. Berdasarkan perhitungan ekonomi diperoleh nilai rate of return (ROR) sebesar 51,15%. Waktu pengembalian modal (*pay out time*) sebesar 2 tahun 0 bulan. Dan titik *break even point* (BEP) sebesar 27,72%.

## DAFTAR ISI

|                                                         |             |
|---------------------------------------------------------|-------------|
| <b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>                          | <b>i</b>    |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                              | <b>ii</b>   |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                                  | <b>v</b>    |
| <b>DAFTAR TABEL.....</b>                                | <b>ix</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                               | <b>xiii</b> |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>                            | <b>xiii</b> |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                           | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang .....                                | 1           |
| 1.2 Kapasitas Perancangan.....                          | 3           |
| 1.2.1 Kapasitas Pabrik yang Sudah ada di Indonesia..... | 3           |
| 1.2.2 Analisis Prediksi Kebutuhan Pasar Bioetanol.....  | 3           |
| 1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku .....                     | 5           |
| 1.3 Lokasi Pabrik .....                                 | 6           |
| 1.3.1 Alternatif Lokasi I (Lampung) .....               | 9           |
| 1.3.2 Alternatif Lokasi II (Mojokerto) .....            | 12          |
| 1.3.3 Alternatif Lokasi III (Lumajang) .....            | 14          |
| <b>BAB II TINJAUAN TEORI.....</b>                       | <b>19</b>   |
| 2.1 Tinjauan Umum .....                                 | 19          |
| 2.1.1 Bioetanol .....                                   | 19          |
| 2.1.2 Bahan Baku Pembuatan .....                        | 20          |
| 2.2 Tinjauan Proses .....                               | 21          |
| 2.2.1 Fermentasi .....                                  | 21          |
| 2.2.2 Termokimia .....                                  | 22          |
| 2.3 Sifat Fisik dan Kimia .....                         | 23          |
| 2.4 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk .....             | 30          |
| <b>BAB III TAHAPAN DAN DESKRIPSI PROSES .....</b>       | <b>34</b>   |
| 3.1 Tahapan Proses.....                                 | 34          |
| 3.1.1 Tahapan Proses.....                               | 34          |
| 3.1.2 Blok Diagram .....                                | 34          |
| 3.2 Deskripsi dan Flowsheet Proses.....                 | 35          |

|                                                    |                                             |           |
|----------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------|
| 3.2.1                                              | Deskripsi Proses .....                      | 36        |
| 3.2.2                                              | Flowsheet .....                             | 38        |
| <b>BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI .....</b> |                                             | <b>42</b> |
| 4.1                                                | Neraca Massa .....                          | 42        |
| 4.2                                                | Neraca Energi.....                          | 51        |
| <b>BAB V UTILITAS.....</b>                         |                                             | <b>65</b> |
| 5.1                                                | Unit Pengolahan Air.....                    | 65        |
| 5.1.1                                              | Kebutuhan Air.....                          | 65        |
| 5.1.2                                              | Proses Pengolahan Air .....                 | 68        |
| 5.1.3                                              | Deskripsi Proses Pengolahan Air .....       | 70        |
| 5.2                                                | Unit Penyediaan <i>Steam</i> .....          | 75        |
| 5.2.1                                              | Deaerator (DE-12301).....                   | 77        |
| 5.2.2                                              | Waste Heat Boiler (WHB-12101).....          | 77        |
| 5.2.3                                              | Turbin Uap (UT-12201).....                  | 78        |
| 5.3                                                | Unit Penyediaan Listrik.....                | 78        |
| 5.4                                                | Unit Penyediaan Bahan Bakar.....            | 79        |
| <b>BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN .....</b>          |                                             | <b>80</b> |
| 6.1                                                | Spesifikasi Peralatan Proses.....           | 80        |
| 6.1.1                                              | Warehouse.....                              | 80        |
| 6.1.2                                              | Belt Conveyor (BC-10001) .....              | 81        |
| 6.1.3                                              | Wood Chipper (CH-10101).....                | 82        |
| 6.1.4                                              | Wood Powder (WP-10201).....                 | 82        |
| 6.1.5                                              | Vibrating Screen (VS-10301) .....           | 83        |
| 6.1.6                                              | Rotary dryer (RD-10601).....                | 84        |
| 6.1.7                                              | Bucket Elevator (EL-10701) .....            | 85        |
| 6.1.8                                              | Reaktor Gasifier (GR-10801).....            | 86        |
| 6.1.9                                              | Cyclone (CS-10901).....                     | 87        |
| 6.1.10                                             | Scrubber (S-11301).....                     | 88        |
| 6.1.11                                             | Reactor Mix Alcohol Sintesis (R-21401)..... | 89        |
| 6.1.12                                             | Flash drum (FD-31801).....                  | 89        |
| 6.1.13                                             | Pressure Swing Adsorpsi (PSA-31501) .....   | 91        |
| 6.1.14                                             | Pressure Swing Adsorpsi (PSA-31502) .....   | 92        |

|                                                                                                     |                                                                                     |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 6.1.15                                                                                              | Heater .....                                                                        | 93         |
| 6.1.16                                                                                              | Cooler .....                                                                        | 94         |
| 6.1.17                                                                                              | Compressor .....                                                                    | 94         |
| 6.1.18                                                                                              | Pompa.....                                                                          | 96         |
| 6.1.19                                                                                              | Distilasi (D-31801).....                                                            | 96         |
| 6.1.20                                                                                              | Distilasi (D-31802).....                                                            | 98         |
| 6.1.21                                                                                              | Tangki Penyimpanan Gas .....                                                        | 99         |
| 6.1.21                                                                                              | Tangki Penyimpanan Liquid.....                                                      | 100        |
| 6.2                                                                                                 | Peralatan Utilitas .....                                                            | 101        |
| 6.2.1                                                                                               | Pompa.....                                                                          | 101        |
| 6.2.2                                                                                               | Bak Penampung (BP-111).....                                                         | 102        |
| 6.2.3                                                                                               | Tangki Pelarutan Kapur (TP-131).....                                                | 103        |
| 6.2.4                                                                                               | Tangki Pelarutan Alum (TP-132).....                                                 | 103        |
| 6.2.5                                                                                               | Tangki Pelarutan Kaporit (TP-133) .....                                             | 104        |
| 6.2.6                                                                                               | Bak Penampung (BP-112).....                                                         | 104        |
| 6.2.7                                                                                               | Sand Filter (SF-351).....                                                           | 105        |
| 6.2.8                                                                                               | Kation- Anion Exchanger (KA-371).....                                               | 106        |
| 6.2.9                                                                                               | Feed Water (FW-381) .....                                                           | 107        |
| 6.2.10                                                                                              | Cooling Tower (CT-391) .....                                                        | 107        |
| 6.2.11                                                                                              | Deaerator (DA-391) .....                                                            | 108        |
| 6.2.12                                                                                              | Waste Heat Boiler (B-3101).....                                                     | 108        |
| <b>BAB VII TATA LETAK PABRIK DAN K3LH (KESEHATAN, KESELAMATAN KERJA DAN LINGKUNGAN HIDUP) .....</b> |                                                                                     | <b>110</b> |
| 7.1                                                                                                 | Tata Letak Pabrik dan Peralatan Proses.....                                         | 110        |
| 7.2                                                                                                 | Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup.....                              | 115        |
| 7.2.1                                                                                               | Sebab dan Akibat Terjadinya Kecelakaan .....                                        | 116        |
| 7.2.2                                                                                               | Peningkatan Usaha Keselamatan Kerja .....                                           | 118        |
| 7.2.3                                                                                               | Jenis – Jenis dan Tindakan untuk Menghindari atau Mengurangi Kecelakaan Kerja ..... | 118        |
| 7.2.4                                                                                               | Daftar Peraturan Pemerintah tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja .....           | 119        |
| 7.2.5                                                                                               | Alat Pelindung Diri (APD).....                                                      | 120        |

|                                             |                                                         |            |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------|
| 7.2.6                                       | Macam-macam Alat Pelindung Diri.....                    | 121        |
| <b>BAB VIII ORGANISASI PERUSAHAAN .....</b> |                                                         | <b>126</b> |
| 8.1                                         | Struktur Organisasi.....                                | 126        |
| 8.1.1                                       | Bentuk Organisasi .....                                 | 129        |
| 8.1.2                                       | Tugas dan Wewenang .....                                | 129        |
| 8.1.3                                       | Jumlah Karyawan.....                                    | 134        |
| 8.1.4                                       | Sistem Kerja .....                                      | 136        |
| 8.2                                         | Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji.....                 | 137        |
| 8.2.1                                       | Sistem Kepegawaian .....                                | 137        |
| 8.2.2                                       | Sistem Gaji .....                                       | 137        |
| 8.2.3                                       | Kesejahteraan Karyawan .....                            | 138        |
| <b>BAB IX ANALISA EKONOMI.....</b>          |                                                         | <b>141</b> |
| 9.1                                         | <i>Total Capital Investment</i> .....                   | 141        |
| 9.2                                         | Biaya Produksi ( <i>Total Production Cost</i> ).....    | 142        |
| 9.3                                         | Harga Jual ( <i>Total Sales</i> ).....                  | 142        |
| 9.4                                         | Tinjauan Kelayakan Pabrik.....                          | 143        |
| 9.4.1                                       | Laba Kotor dan Laba Bersih.....                         | 143        |
| 9.4.2                                       | Laju Pengembalian Modal ( <i>Rate of Return</i> ) ..... | 143        |
| 9.4.4                                       | Waktu Pengembalian Modal ( <i>Pay Out Time</i> ).....   | 144        |
| 9.4.4                                       | Titik Impas ( <i>Break Even Point</i> ) .....           | 144        |
| <b>BAB X TUGAS KHUSUS .....</b>             |                                                         | <b>145</b> |
| 10.1                                        | Pendahuluan .....                                       | 145        |
| 10.2                                        | Ruang Lingkup.....                                      | 146        |
| 10.3                                        | Rancangan .....                                         | 147        |
| <b>BAB XI KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>     |                                                         | <b>145</b> |
| 11.1                                        | Kesimpulan .....                                        | 145        |
| 11.2                                        | Saran.....                                              | 145        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>                       |                                                         |            |
| <b>LAMPIRAN</b>                             |                                                         |            |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabel 1.1</b> Pabrik Produksi Bioetanol di Indonesia .....                                         | 3  |
| <b>Tabel 1.2</b> Kebutuhan Impor Bioetanol di Indonesia .....                                         | 3  |
| <b>Tabel 1.3</b> Data Kebutuhan Bioetanol di Indonesia.....                                           | 4  |
| <b>Tabel 1.4</b> Prediksi Kebutuhan, Produksi, dan Ekspor Bioetanol di Indonesia Pada Tahun 2029..... | 5  |
| <b>Tabel 1.5</b> Ketersediaan Bahan Baku .....                                                        | 5  |
| <b>Tabel 1.6</b> Pabrik Penghasil Bahan Pendukung.....                                                | 5  |
| <b>Tabel 1.7</b> Analisa SWOT di Lampung .....                                                        | 10 |
| <b>Tabel 1.8</b> Analisa SWOT di Mojokerto .....                                                      | 13 |
| <b>Tabel 1.9</b> Analisa SWOT di Lumajang .....                                                       | 15 |
| <b>Tabel 1.10</b> Analisis Lokasi Pabrik Green Diese.....                                             | 17 |
| <b>Tabel 2.1</b> Analisa <i>Proximate, Ultimate, dan Component Analysis</i> .....                     | 21 |
| <b>Tabel 2.2</b> Perbandingan Proses Termokimia dan Fermentasi .....                                  | 23 |
| <b>Tabel 2.3</b> Sifat Fisika dan Kimia Alang-alang .....                                             | 24 |
| <b>Tabel 2.4</b> <i>Thermophysical Property Data</i> untuk Alang-alang .....                          | 24 |
| <b>Tabel 2.5</b> Sifat Fisika dan Kimia Hydrogen.....                                                 | 24 |
| <b>Tabel 2.6</b> <i>Thermophysical Property Data</i> untuk <i>Hydrogen</i> .....                      | 24 |
| <b>Tabel 2.7</b> Sifat Fisika dan Kimia Tembaga .....                                                 | 25 |
| <b>Tabel 2.8</b> <i>Thermophysical Property Data</i> untuk Tembaga .....                              | 25 |
| <b>Tabel 2.9</b> Sifat Fisika dan Kimia Zeolite 4Å.....                                               | 25 |
| <b>Tabel 2.10</b> <i>Thermophysical Property Data</i> untuk Zeolite 4Å .....                          | 25 |
| <b>Tabel 2.11</b> Sifat Fisika dan Kimia Carbon Active .....                                          | 26 |
| <b>Tabel 2.12</b> <i>Thermophysical Property Data</i> untuk <i>Carbon Active</i> .....                | 26 |
| <b>Tabel 2.13</b> Sifat Fisika dan Kimia Bioetanol .....                                              | 27 |
| <b>Tabel 2.14</b> <i>Thermophysical Property Data</i> untuk Bioetanol .....                           | 27 |
| <b>Tabel 2.15</b> Sifat Fisika dan Kimia Metanol.....                                                 | 27 |
| <b>Tabel 2.16</b> <i>Thermophysical Property Data</i> untuk Metanol.....                              | 28 |
| <b>Tabel 2.17</b> Sifat Fisika dan Kimia Propanol .....                                               | 28 |
| <b>Tabel 2.18</b> <i>Thermophysical Property Data</i> untuk Propanol .....                            | 28 |
| <b>Tabel 2.19</b> Sifat Fisika dan Kimia Karbon Dioksida .....                                        | 29 |
| <b>Tabel 2.20</b> <i>Thermophysical Property Data</i> untuk Karbon Dioksida .....                     | 29 |

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabel 2.23</b> Spesifikasi Alang-alang.....                               | 30 |
| <b>Tabel 2.24</b> Spesifikasi <i>Hydrogen</i> .....                          | 30 |
| <b>Tabel 2.25</b> Spesifikasi Tembaga.....                                   | 30 |
| <b>Tabel 2.26</b> Spesifikasi Zeolite Type 4 Å .....                         | 31 |
| <b>Tabel 2.27</b> Spesifikasi Carbon Active .....                            | 31 |
| <b>Tabel 2.28</b> Spesifikasi Bioetanol.....                                 | 32 |
| <b>Tabel 2.29</b> Spesifikasi Metanol .....                                  | 32 |
| <b>Tabel 2.30</b> Spesifikasi Propanol .....                                 | 32 |
| <b>Tabel 2.31</b> Spesifikasi Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> ) .....       | 33 |
| <b>Tabel 2.32</b> Spesifikasi Metana .....                                   | 33 |
| <b>Tabel 3.1</b> Reaksi Gasifikasi.....                                      | 36 |
| <b>Tabel 3.2</b> Reaksi dalam Reaktor.....                                   | 37 |
| <b>Tabel 4.1</b> Neraca Massa (RD-10601).....                                | 43 |
| <b>Tabel 4.2</b> Neraca Massa (GR-10801).....                                | 44 |
| <b>Tabel 4.3</b> Neraca Massa (CS-10901).....                                | 45 |
| <b>Tabel 4.4</b> Neraca Masaa (S-12101).....                                 | 46 |
| <b>Tabel 4.5</b> Neraca Massa (R-21401).....                                 | 47 |
| <b>Tabel 4.6</b> Neraca Massa (FD-31501) .....                               | 48 |
| <b>Tabel 4.7</b> Neraca Massa <i>PSA</i> (PSA-31701) .....                   | 48 |
| <b>Tabel 4.8</b> Neraca Massa <i>PSA</i> (PSA-31702) .....                   | 49 |
| <b>Tabel 4.9</b> Neraca Massa <i>Distillation</i> (D-31801) .....            | 50 |
| <b>Tabel 4.10</b> Neraca Massa <i>Distillation</i> (D-31802) .....           | 51 |
| <b>Tabel 4.11</b> Neraca Energi Alat <i>Heater</i> (H-10501) .....           | 52 |
| <b>Tabel 4.12</b> Neraca Energi Alat <i>Rotary dryer</i> (RD-10601) .....    | 53 |
| <b>Tabel 4.13</b> Neraca Energi Alat <i>Gasifier Reactor</i> (GR-10801)..... | 53 |
| <b>Tabel 4.14</b> Neraca Energi Alat <i>Compressor</i> (CO-11001).....       | 54 |
| <b>Tabel 4.15</b> Neraca Energi Alat <i>Cooler</i> (C-11101) .....           | 55 |
| <b>Tabel 4.16</b> Neraca Energi Alat <i>Heater</i> (H-10502) .....           | 55 |
| <b>Tabel 4.17</b> Neraca Energi Alat <i>Compressor</i> (CO-11002).....       | 56 |
| <b>Tabel 4.18</b> Neraca Energi Alat <i>Reactor</i> (GR-21401).....          | 57 |
| <b>Tabel 4.19</b> Neraca Energi Alat <i>Cooler</i> (C-21102) .....           | 57 |
| <b>Tabel 4.20</b> Neraca Energi Alat <i>Flash drum</i> (FD-31501) .....      | 58 |

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabel 4.21</b> Neraca Energi Alat <i>Heater</i> (H-30503) .....                 | 59 |
| <b>Tabel 4.22</b> Neraca Energi Alat <i>Compressor</i> (CO-31003) .....            | 59 |
| <b>Tabel 4.23</b> Neraca Energi Alat <i>Heater</i> (H-30504) .....                 | 60 |
| <b>Tabel 4.24</b> Neraca Energi Alat <i>Distillation</i> (D-31801) .....           | 61 |
| <b>Tabel 4.25</b> Neraca Energi Alat <i>Kondensor</i> (K-31901).....               | 61 |
| <b>Tabel 4.26</b> Neraca Energi Alat <i>Distillation</i> (D-31802) .....           | 63 |
| <b>Tabel 4.27</b> Neraca Energi Alat <i>Kondensor</i> (K-31902).....               | 64 |
| <b>Tabel 4.28</b> Neraca Energi Alat <i>Reboiler</i> (RE-32002) .....              | 64 |
| <b>Tabel 5.1</b> Kualitas Air Sungai Way Seputih.....                              | 65 |
| <b>Tabel 5.2</b> Parameter Standar Baku Mutu Air Untuk Keperluan Higienis Sanitasi | 66 |
| <b>Tabel 5.3</b> Kebutuhan Air Sanitasi .....                                      | 67 |
| <b>Tabel 5.4</b> kebutuh air pendingin untuk alat proses .....                     | 67 |
| <b>Tabel 5.5</b> Total Kebutuhan Air Pabrik Bioetanol Start Up .....               | 68 |
| <b>Tabel 5.6</b> Total Kebutuhan Air Pabrik Bioetanol <i>Continious</i> .....      | 68 |
| <b>Tabel 5.7</b> Resin Kation-Anion Exchange .....                                 | 72 |
| <b>Tabel 5.8</b> Kebutuhan <i>Steam</i> .....                                      | 76 |
| <b>Tabel 5.9</b> Kebutuhan Listrik.....                                            | 79 |
| <b>Tabel 5.10</b> Kebutuhan Methane.....                                           | 79 |
| <b>Tabel 6.1</b> Spesifikasi <i>Warehouse</i> .....                                | 80 |
| <b>Tabel 6.2</b> Spesifikasi Belt Conveyor (BC-10001).....                         | 81 |
| <b>Tabel 6.3</b> Spesifikasi Wood Chipper (CH-10101) .....                         | 82 |
| <b>Tabel 6.4</b> Spesifikasi Wood Powder (WP-10201) .....                          | 82 |
| <b>Tabel 6.5</b> Spesifikasi Vibrating Screen (VS-10301) .....                     | 83 |
| <b>Tabel 6.6</b> Spesifikasi <i>Rotary dryer</i> (RD-10601) .....                  | 84 |
| <b>Tabel 6.7</b> Spesifikasi Bucket Elevator (EL-10701).....                       | 85 |
| <b>Tabel 6.8</b> Spesifikasi Reaktor Gasifier (GR-10801) .....                     | 86 |
| <b>Tabel 6.9</b> Spesifikasi Cyclone (CS-10901) .....                              | 87 |
| <b>Tabel 6.10</b> Spesifikasi Scrubber (S-11301).....                              | 88 |
| <b>Tabel 6.11</b> Spesifikasi Reactor Mix Alcohol Sintesis (R-21401) .....         | 89 |
| <b>Tabel 6.12</b> Spesifikasi Flash drum (FD-31801) .....                          | 90 |
| <b>Tabel 6.13</b> Spesifikasi Pressure Swing Adsorpsi (PSA-31501).....             | 91 |
| <b>Tabel 6.14</b> Spesifikasi Pressure Swing Adsorpsi (PSA-31502).....             | 92 |

|                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabel 6.15</b> Spesifikasi Heater (HE-10501) .....                 | 93  |
| <b>Tabel 6.16</b> Spesifikasi <i>Cooler</i> (C-11201).....            | 94  |
| <b>Tabel 6.17</b> Spesifikasi Compressor (CO-11001).....              | 95  |
| <b>Tabel 6.18</b> Spesifikasi Pompa .....                             | 96  |
| <b>Tabel 6.19</b> Spesifikasi Distilasi (D-31801) .....               | 97  |
| <b>Tabel 6.20</b> Spesifikasi Distilasi (D-31802) .....               | 98  |
| <b>Tabel 6.21</b> Spesifikasi Tangki Penyimpanan Gas .....            | 99  |
| <b>Tabel 6.22</b> Spesifikasi Tangki Penyimpanan Liquid.....          | 100 |
| <b>Tabel 6.23</b> Spesifikasi Pompa .....                             | 101 |
| <b>Tabel 6.24</b> Spesifikasi Bak Penampung (BP-111).....             | 102 |
| <b>Tabel 6.25</b> Spesifikasi Tangki Pelarutan Kapur (TP-131).....    | 103 |
| <b>Tabel 6.26</b> Spesifikasi Tangki Pelarutan Alum (TP-132).....     | 103 |
| <b>Tabel 6.27</b> Spesifikasi Tangki Pelarutan Kaporit (TP-133) ..... | 104 |
| <b>Tabel 6.28</b> Spesifikasi Bak Penampung (BP-112).....             | 104 |
| <b>Tabel 6.29</b> Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF-351) .....       | 105 |
| <b>Tabel 6.30</b> Spesifikasi <i>Ion Exchange</i> (KA-371) .....      | 106 |
| <b>Tabel 6.31</b> Spesifikasi <i>Feed Water Tank</i> (FW-381).....    | 107 |
| <b>Tabel 6.32</b> Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT-391).....      | 107 |
| <b>Tabel 6.33</b> Spesifikasi <i>Deaerator</i> (DA-391) .....         | 108 |
| <b>Tabel 6.34</b> Spesifikasi <i>Waste Heat Boiler</i> (B-3101) ..... | 108 |
| <b>Tabel 8.1</b> Jadwal kerja Karyawan Shift.....                     | 137 |
| <b>Tabel 9.1</b> Biaya Komponen <i>Total Capital Investment</i> ..... | 142 |
| <b>Tabel 9.2</b> Biaya Komponen <i>Manufacturing Cost</i> .....       | 142 |
| <b>Tabel 9.3</b> Biaya Komponen General Expenses .....                | 142 |
| <b>Tabel 9.4</b> Harga Jual.....                                      | 143 |
| <b>Tabel 9.5</b> Harga Jual Produksi Pabrik.....                      | 143 |
| <b>Tabel 9.6</b> Laba Koroee dan Polo .....                           | 143 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 1.1</b> Impor Bioetanol dari Tahun 2020 hingga 2024.....                        | 4  |
| <b>Gambar 1.2</b> Lokasi Pabrik Kawasan Srengsen, Kec. Panjang, Bandar Lampung ..         | 9  |
| <b>Gambar 1.3</b> Lokasi Pabrik Kawasan Balong Sono, Canggus, Kec. Jetis, Mojokerto ..... | 12 |
| <b>Gambar 1.4</b> Lokasi Pabrik Kawasan Lempeni, Kec. Tempeh, Kec. Panjang, Lumajang..... | 15 |
| <b>Gambar 2.1</b> Struktur Bioetanol.....                                                 | 20 |
| <b>Gambar 2.2</b> <i>Imperata cylindrica</i> .....                                        | 20 |
| <b>Gambar 3.1</b> Blok Diagram Proses.....                                                | 35 |
| <b>Gambar 4.1</b> Blok Diagram Alat <i>Rotary dryer</i> RD-10601.....                     | 43 |
| <b>Gambar 4.2</b> Blok Diagram Alat <i>Gasifier Reactor</i> (GR-10801) .....              | 43 |
| <b>Gambar 4.3</b> Blok Diagram Alat <i>Cyclone Separator</i> (CS-10901).....              | 44 |
| <b>Gambar 4.4</b> Blok Diagram Alat <i>Cyclone Separator</i> (CS-10901).....              | 45 |
| <b>Gambar 4.5</b> Blok Diagram Alat <i>Reactor</i> (R-21401) .....                        | 46 |
| <b>Gambar 4.6</b> Blok Diagram Alat <i>Flash drum</i> (FD-31501).....                     | 47 |
| <b>Gambar 4.7</b> Blok Diagram Alat <i>PSA</i> (PSA-31701) .....                          | 48 |
| <b>Gambar 4.8</b> Blok Diagram Alat <i>PSA</i> (PSA-31702) .....                          | 49 |
| <b>Gambar 4.9</b> Blok Diagram Alat <i>Distillation</i> (D-31801).....                    | 50 |
| <b>Gambar 4.10</b> Blok Diagram Alat <i>Distillation</i> (D-31802).....                   | 51 |
| <b>Gambar 4.11</b> Blok Diagram Alat <i>Heater</i> (H-10501).....                         | 52 |
| <b>Gambar 4.12</b> Blok Diagram Alat <i>Rotary dryer</i> (RD-10601).....                  | 53 |
| <b>Gambar 4.13</b> Blok Diagram Alat <i>Gasifier Reactor</i> (GR-10801) .....             | 53 |
| <b>Gambar 4.14</b> Blok Diagram Alat <i>Compressor</i> (CO-11001).....                    | 54 |
| <b>Gambar 4.15</b> Blok Diagram Alat <i>Cooler</i> (C-11101).....                         | 55 |
| <b>Gambar 4.16</b> Blok Diagram Alat <i>Heater</i> (H-10502).....                         | 55 |
| <b>Gambar 4.17</b> Blok Diagram Alat <i>Compressor</i> (CO-11002).....                    | 56 |
| <b>Gambar 4.18</b> Blok Diagram Alat <i>Reactor</i> (GR-21401) .....                      | 57 |
| <b>Gambar 4.19</b> Blok Diagram Alat <i>Cooler</i> (C-21102).....                         | 57 |
| <b>Gambar 4.20</b> Blok Diagram Alat <i>Flash drum</i> (FD-31501).....                    | 58 |
| <b>Gambar 4.21</b> Blok Diagram Alat <i>Heater</i> (H-30503).....                         | 58 |
| <b>Gambar 4.22</b> Blok Diagram Alat <i>Compressor</i> (CO-31003).....                    | 59 |

|                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Gambar 4.24</b> Blok Diagram Alat <i>Distillation</i> (D-31801)..... | 60  |
| <b>Gambar 4.25</b> Blok Diagram Alat <i>Kondensor</i> (K-31901) .....   | 61  |
| <b>Gambar 4.26</b> Blok Diagram Alat <i>Reboiler</i> (RE-32001).....    | 62  |
| <b>Gambar 4.27</b> Blok Diagram Alat <i>Distillation</i> (D-31802)..... | 63  |
| <b>Gambar 4.28</b> Blok Diagram Alat <i>Kondensor</i> (K-31902) .....   | 63  |
| <b>Gambar 4.29</b> Blok Diagram Alat <i>Reboiler</i> (RE-32002).....    | 64  |
| <b>Gambar 5.1</b> Proses Pengolahan Air.....                            | 68  |
| <b>Gambar 5.2</b> Flowsheet Utilitas Pengolahan Air .....               | 69  |
| <b>Gambar 5.3</b> Gambar Proses Pengolahan Air.....                     | 71  |
| <b>Gambar 7.1</b> Gambar Tata Letak Pabrik.....                         | 71  |
| <b>Gambar 7.2</b> <i>Safety Helmet</i> .....                            | 71  |
| <b>Gambar 7.3</b> <i>Safety Belt</i> .....                              | 122 |
| <b>Gambar 7.4</b> <i>Safety Boot</i> .....                              | 122 |
| <b>Gambar 7.5</b> <i>Safety Shoes</i> .....                             | 123 |
| <b>Gambar 7.6</b> <i>Safety Gloves</i> .....                            | 123 |
| <b>Gambar 7.7</b> <i>Ear Plug &amp; Ear Muff</i> .....                  | 123 |
| <b>Gambar 7.8</b> <i>Safety Glasses</i> .....                           | 124 |
| <b>Gambar 7.9</b> <i>Respirator</i> .....                               | 124 |
| <b>Gambar 7.10</b> <i>Face Shield</i> .....                             | 124 |
| <b>Gambar 7.11</b> <i>Warepack</i> .....                                | 125 |
| <b>Gambar 7.12</b> <i>Safety Vest</i> .....                             | 125 |
| <b>Gambar 8.1</b> Struktur Organisasi Perusahaan Pabrik Bietanol.....   | 128 |
| <b>Gambar 8.2</b> Jumlah Karyawan.....                                  | 134 |
| <b>Gambar 9.1</b> Titik Impas.....                                      | 144 |

## **DAFTAR LAMPIRAN**

|                                                     |      |
|-----------------------------------------------------|------|
| Lampiran A. Perhitungan Neraca Massa.....           | LA-1 |
| Lampiran B. Perhitungan Neraca Energi .....         | LB-1 |
| Lampiran C. Spesifikasi Peralatan dan Utilitas..... | LC-1 |
| Lampiran D. Perhitungan Analisa Ekonomi .....       | LD-1 |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan sumber energi terbarukan di Indonesia semakin mendesak seiring dengan meningkatnya konsumsi energi domestik, terbatasnya cadangan bahan bakar fosil, dan komitmen nasional dalam mengurangi emisi gas rumah kaca. Transisi menuju energi yang lebih bersih dan berkelanjutan menjadi prioritas utama untuk mencapai kemandirian energi dan memenuhi target mitigasi perubahan iklim.

Bioetanol, sebagai bahan bakar nabati yang dapat diperbarui, menawarkan solusi menjanjikan untuk diversifikasi energi nasional. Di Indonesia, salah satu biomassa yang melimpah dan belum dimanfaatkan secara optimal adalah alang-alang (*Imperata cylindrica*). Alang-alang merupakan gulma yang tumbuh subur di berbagai wilayah di Indonesia, tidak bersaing dengan kebutuhan pangan, dan memiliki potensi besar sebagai substrat ideal untuk produksi bioetanol. Pemanfaatan biomassa alang-alang yang melimpah dan belum optimal ini membuka **peluang pertama** untuk mendirikan pabrik bioetanol. (CABI, 2023)

Secara tradisional, produksi bioetanol dari biomassa lignoselulosa seringkali menghadapi tantangan dalam hal pretreatmen dan hidrolisis yang kompleks untuk melepaskan gula. Namun, kemajuan dalam teknologi konversi termokimia menawarkan alternatif yang efisien. Salah satu pendekatan yang menarik adalah proses gasifikasi, di mana biomassa alang-alang diubah menjadi *syngas* (campuran karbon monoksida (CO) dan hidrogen (H<sub>2</sub>)) pada temperatur tinggi dan kondisi terkontrol. Gasifikasi memungkinkan pemanfaatan seluruh komponen biomassa secara efektif. *Syngas* yang dihasilkan kemudian dapat diolah lebih lanjut menjadi bioetanol melalui sintesis alkohol secara termokimia. Proses ini melibatkan reaksi katalitik *syngas* pada kondisi temperatur dan tekanan tertentu untuk menghasilkan etanol. Salah satu keunggulan utama metode sintesis alkohol termokimia adalah kecepatan reaksinya yang signifikan, bahkan dapat mencapai hitungan jam (misalnya, sekitar 1 jam), jauh lebih cepat dibandingkan dengan proses fermentasi konvensional yang membutuhkan waktu lebih lama (misalnya, sekitar 3 hari atau lebih). (Basu, P. 2010)

Pengembangan teknologi produksi bioetanol dari alang-alang melalui gasifikasi dan sintesis alkohol ini sangat relevan untuk memenuhi kebutuhan industri di Indonesia. Sebagai contoh, PT Pertamina, sebagai pemain kunci dalam industri energi dan kimia di Indonesia, memiliki kebutuhan akan pasokan bioetanol yang berkelanjutan dan terjangkau untuk berbagai aplikasinya. Salah satu kebutuhan krusial tersebut adalah rencana PT Pertamina untuk mencampur bahan bakar jenis Pertamax 95 dengan 5% bioetanol (E5), sebuah langkah strategis untuk mengurangi emisi dan meningkatkan kandungan energi terbarukan dalam portofolio bahan bakar nasional. Dengan demikian, produksi bioetanol dari sumber domestik seperti alang-alang akan mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap impor bahan bakar fosil sekaligus mendorong pertumbuhan industri bioenergi di dalam negeri.

Pemerintah Indonesia juga telah menunjukkan komitmen kuat terhadap pengembangan energi terbarukan melalui berbagai regulasi. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi dan Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional, serta kebijakan-kebijakan turunannya, memberikan landasan hukum dan insentif bagi pengembangan dan pemanfaatan bahan bakar nabati seperti bioetanol. Dukungan regulasi ini menciptakan iklim investasi yang kondusif bagi pengembangan proyek-proyek bioetanol skala besar di Indonesia.

Dengan demikian, mendirikan pabrik bioetanol dari alang-alang tidak hanya berpotensi menyediakan energi bersih dan menciptakan nilai tambah ekonomi dari sumber daya lokal yang melimpah, tetapi juga berpotensi menciptakan lapangan kerja baru di sektor pengumpulan biomassa dan produksi, serta meningkatkan nilai ekonomi lahan-lahan yang sebelumnya tidak produktif. Keselarasan dengan visi keberlanjutan industri di Indonesia dan dukungan terhadap program mandatori seperti bauran bioetanol pada bahan bakar menjadikan proyek ini sangat menjanjikan untuk masa depan energi nasional.

## 1.2 Kapasitas Perancangan

### 1.2.1 Kapasitas Pabrik yang Sudah ada di Indonesia

Data produksi Bioetanol yang telah beroperasi di Indonesia dapat dilihat pada dapat dilihat pada Tabel 1.1

**Tabel 1.1** Pabrik Produksi Bioetanol di Indonesia

| No | Nama Pabrik                 | Lokasi                | Kapasitas (Ton/Tahun) |
|----|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1  | PT. Indo Acidatama, Tbk     | Karanganyar           | 17.657                |
| 2  | PT. Indonesia Ethanol       | Lampung Tengah        | 17.657                |
| 3  | PT. Sampoerna Bioenergi     | Jawa Tengah           | 21.189                |
| 4  | PT. Basis Indah             | Medan, Sumatera Utara | 1.942                 |
| 5  | PT. Molasindo Alur Pratama  | Malang, Jawa Timur    | 1.271                 |
| 6  | PT. Molindo Raya            | Mojokerto, Jawa Timur | 17.657                |
| 7  | PT. Aneka Kimia             | Mojokerto, Jawa Timur | 6.004                 |
| 8  | PTPN X                      | Mojokerto, Jawa Timur | 116.538               |
| 9  | PT. Indo Lampung Distillery | Lampung               | 24.720                |
| 10 | PT. Permata Sakti           | Medan, Sumatera Utara | 1.766                 |

Sumber: Yesso.Bioethanol, 2015

### 1.2.2 Analisis Prediksi Kebutuhan Pasar Bioetanol

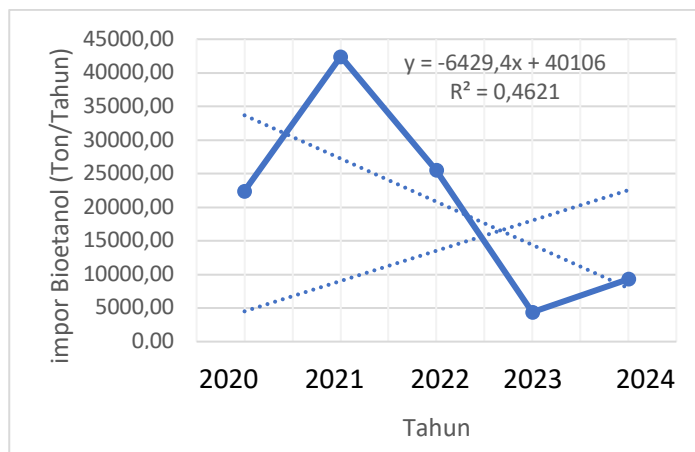
Data impor Bioetanol di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.2

**Tabel 1.2** Kebutuhan Impor Bioetanol di Indonesia

| Tahun | Kapasitas (Ton/Tahun) |
|-------|-----------------------|
| 2020  | 22.431,98             |
| 2021  | 42.431,16             |
| 2022  | 25.533,01             |
| 2023  | 4.383,30              |
| 2024  | 9.308,86              |

Sumber: Badan Pusat Statistik (2022-2024)

Pada Tabel 1.2 dapat dilihat jumlah kapasitas kebutuhan impor bioetanol di Indonesia mulai dari tahun 2020 sampai 2024. Dari data diatas didapatkan grafik regresi linear yang dapat dilihat pada Gambar 1.1



**Gambar 1.1** Impor Bioetanol dari Tahun 2020 hingga 2024

Berdasarkan perhitungan metode *last square* dan dari grafik Gambar 1.1 persamaan regresi linear didapatkan  $R^2$  kecil dari 0,9 dengan demikian metode interpolasi linear tidak bisa digunakan, sehingga untuk memprediksi kapasitas perancangan pada tahun 2029 menggunakan metode pertumbuhan pertahun, dengan rumus pada Tabel 1.3 berikut:

**Tabel 1.3** Data Kebutuhan Bioetanol di Indonesia

| Tahun                     | Kebutuhan (Ton/Tahun) | Pertumbuhan Kebutuhan (%) | Produksi (Ton/Tahun) | Pertumbuhan Produksi (%) | Ekspor (Ton/Tahun) | Pertumbuhan Ekspor (%) |
|---------------------------|-----------------------|---------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------|------------------------|
| 2020                      | 81.207                |                           | 82.845,00            |                          | 36.370,89          |                        |
| 2021                      | 82.845                | 0,020170675               | 84.633,00            | 0,021582473              | 64.342,80          | 0,769074127            |
| 2022                      | 85.272                | 0,029295673               | 86.790,00            | 0,025486512              | 60.528,65          | -0,059278704           |
| 2023                      | 86.790                | 0,017801858               | 89.217,00            | 0,027964051              | 46.769,24          | -0,227320628           |
| 2024                      | 89.217                | 9,279640512               | 92.553,00            | 0,037391977              | 36.803,48          | -0,213083637           |
| Pertumbuhan Rata-rata (%) |                       | 0,023808064               |                      | 0,028106253              |                    | 0,067347789            |

Sumber: Badan Pusat Statistik (2024)

Persentase perkembangan konsumsi bioetanol di Indonesia, dapat diprediksi konsumsi bioetanol pada tahun 2029 berdasarkan persamaan pertumbuhan rata-rata tahunan (CAGR).

$$P = F \times (1 + i/100)^n$$

Dimana:

F = Nilai konsumsi, produksi, dan ekspor pada awal tahun

P = Nilai konsumsi, produksi, dan ekspor pada tahun prediksi

n = Selisih antara tahun awal dengan tahun prediksi

i = Pertumbuhan rata-rata

Prediksi kebutuhan, produksi dan ekspor bioetanol di Indonesia pada tahun 2029 dapat dilihat pada Tabel 1.4.

**Tabel 1.4** Prediksi Kebutuhan, Produksi, dan Ekspor Bioetanol di Indonesia Pada Tahun 2029

| <b>Kebutuhan<br/>(Ton/Tahun)</b> | <b>Ekspor (Ton/Tahun)</b> | <b>Produksi (Ton/Tahun)</b> |
|----------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 89.323,25                        | 36.853,07                 | 92.605,03                   |

Sumber: Badan Pusat Statistik (2024)

Dari data pada Tabel 1.4 di atas didapatkan kekurangan produksi sebesar 33.571,29 Ton/Tahun pada tahun 2029. Maka kapasitas produksi pra rancangan pabrik bioetanol dapat ditentukan dengan 15.000 Ton/Tahun atau sebesar 44,7% dari kekurangan produksi tahun 2029.

### 1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku

Alang-alang merupakan salah satu gulma yang tersebar luas di seluruh Indonesia. Salah satu daerah dengan persebaran terluas adalah Provinsi Lampung, di mana 65% dari total luas lahan, khususnya di lahan milik **petani**, diperkirakan ditumbuhi alang-alang dapat dilihat pada Tabel 1.5.

**Tabel 1.5** Ketersediaan Bahan Baku

| <b>Wilayah</b>      | <b>Luas Lahan<br/>(Ha)</b> | <b>Kapasitas<br/>(Ton/3 Minggu)</b> |
|---------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| Kab. Mesuji         | 21.600                     | 2.006                               |
| Kab. Tulang Bawang  | 18.873                     | 1.752                               |
| Kab. Lampung Tengah | 18.827                     | 1.752                               |
| Kab. Way Kanan      | 14.346                     | 1.332                               |

Sumber: Website masing-masing Daerah

Pada pembuatan bioetanol melalui proses termokimia gasifikasi, diperlukan beberapa bahan pendukung . Daftar kapasitas pabrik di Indonesia yang memproduksi bahan pendukung dapat dilihat pada Tabel 1.6.

**Tabel 1.6** Pabrik Penghasil Bahan Pendukung

| <b>Pabrik</b>                      | <b>Bahan</b>   | <b>Kapasitas<br/>(Ton/Tahun)</b> |
|------------------------------------|----------------|----------------------------------|
| PT. Garuda Hidrogen Hijau, Jakarta | Hidrogen       | 150.000                          |
| PT. Pupuk Indonesia, Gresik        | Hidrogen       | 2.300.000                        |
| PT. Pertamina EP, Cepu             | Metana         | 192.000                          |
| PT. Freeport Indonesia, Timika     | Tembaga        | 1.350.000                        |
| PT. Ady Water, Bandung             | Zeolite Type 4 | 110.000                          |
| PT. Inkaprima Jaya, Jakarta        | Carbon Active  | 100.000                          |

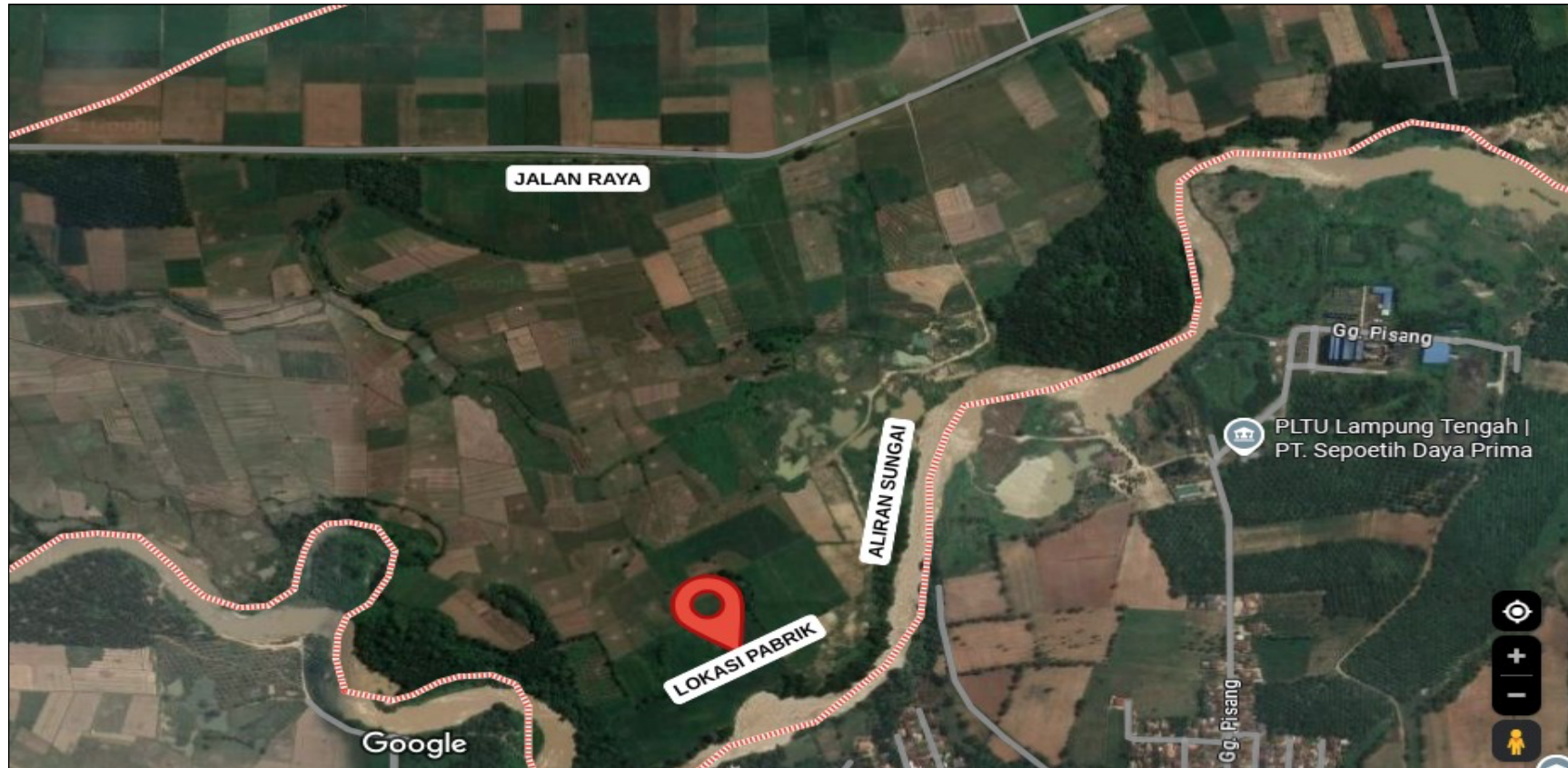
Sumber: Website masing-masing Perusahaan

### **1.3 Lokasi Pabrik**

Pada pemilihan lokasi pendirian pabrik Bioetanol ada beberapa faktor yang dijadikan berdasarkan penggunaan analisis SWOT (*Strength, Weakness, Opportunities, Threat*) yaitu ketersediaan bahan baku, lokasi pemasaran, biaya operasional, aksesibilitas sumber air, sumber listrik, tenaga kerja dan dukungan pemerintah. Beberapa opsi pemilihan lokasi pabrik diantaranya Lampung, Mojokerto, dan Lumajang

### 1.3.1 Alternatif Lokasi I (Lampung)

Kota Bandar Lampung merupakan kawasan yang berada di Lampung, pabrik akan didirikan di Kawasan dekat Komering Agung, Kec. Gn. Sugih, Kabupaten Lampung Tengah. yang dapat dilihat pada Gambar 1.2



**Gambar 1.2** Lokasi Pabrik Kawasan Komering Agung, Kec. Gn. Sugih, Kabupaten Lampung Tengah

Berikut merupakan untuk analisa SWOT di Bandar Lampung dapat dilihat pada Tabel 1.7

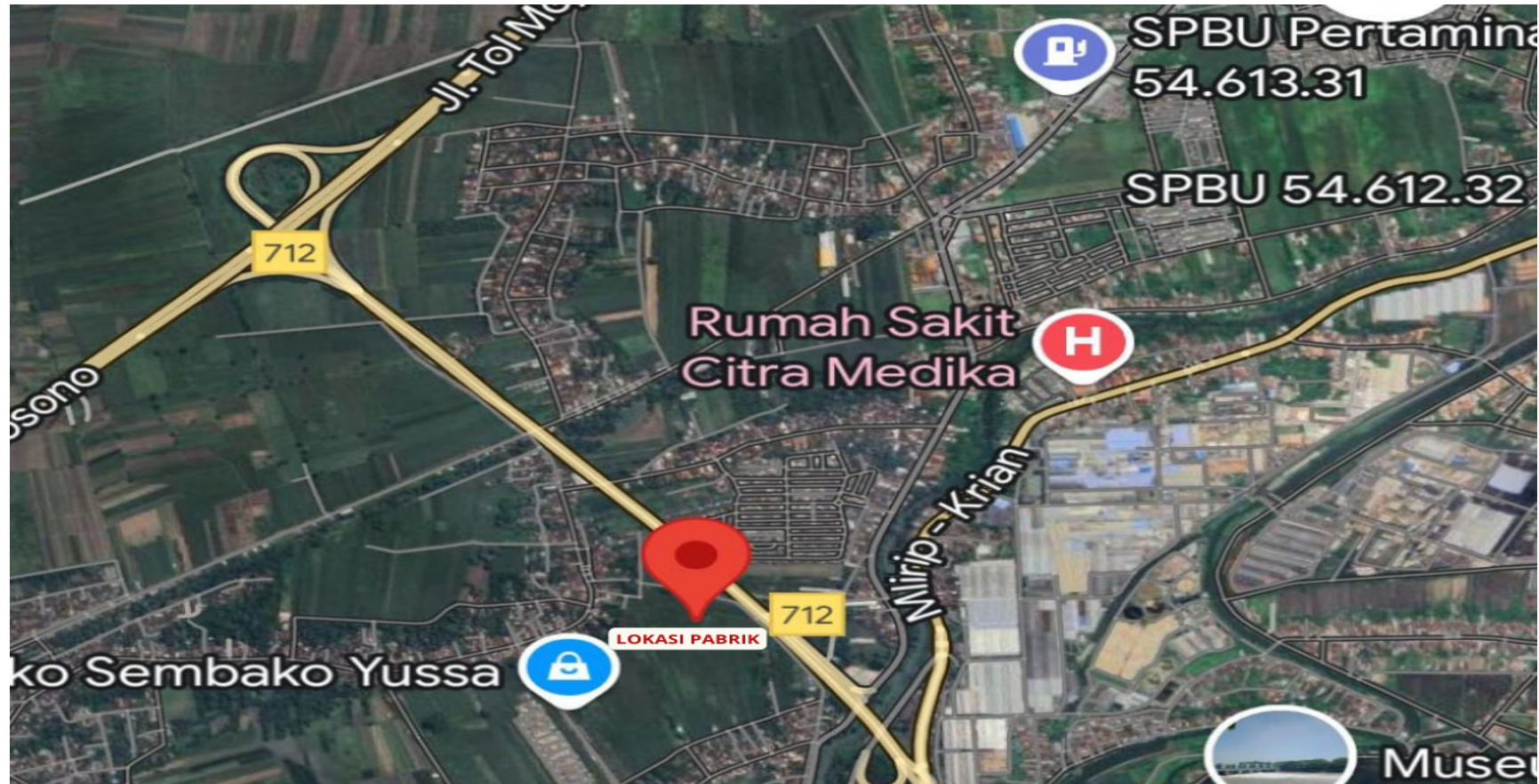
**Tabel 1.7** Analisa SWOT di Lampung

| Variabel       | Internal                                                                                                                                                             |                                                                                                                           | Eksternal                                                                                                                                    |                                                                                                                                |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                | <i>Strength (Kekuatan)</i>                                                                                                                                           | <i>Weakness (Kelemahan)</i>                                                                                               | <i>Opportunities (Peluang)</i>                                                                                                               | <i>Threat (Tantangan)</i>                                                                                                      |
| Bahan Baku     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Lokasi dekat dengan bahan baku berupa alang-alang dengan luas lahan mencapai 15.000 Ha</li> </ul>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tergantung dengan pemasok dan lahan</li> </ul>                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tersedia sumber bahan baku</li> </ul>                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Mempertahankan dan menjaga kualitas bahan baku</li> </ul>                               |
| Pemasaran      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Merupakan kawasan yang berpotensi besar untuk pemasaran bioetanol</li> </ul>                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Pemasaran produk masih membutuhkan pengembangan saluran distribusi</li> </ul>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Permintaan bioetanol dari sektor energi dan industri meningkat</li> </ul>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Fluktuasi harga energi dan perubahan kebijakan pemerintah terkait bioenergi.</li> </ul> |
| Utilitas       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Dekat dengan Sungai Way Seputih</li> </ul>                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Digunakan oleh industri sekitarnya</li> </ul>                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bisa memperoleh kebutuhan listrik dan PLN</li> <li>Dapat memanfaatkan utilitas dari pabrik</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Perlu pengolahan air lebih maksimal</li> </ul>                                          |
| Tenaga Kerja   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tersedia tenaga kerja yang berlimpah</li> <li>Pabrik dekat dengan pemukiman sebagai sarana perekrutan tenaga kerja</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kompetisi gaji tenaga kerja dengan pabrik lain</li> </ul>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Adanya MOU dengan perguruan tinggi</li> </ul>                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Persaingan rekrutmen dengan pabrik yang lebih mapan</li> </ul>                          |
| Kondisi Daerah | <ul style="list-style-type: none"> <li>Iklim relatif stabil</li> </ul>                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Risiko banjir atau cuaca buruk yang bisa mengganggu operasional pabrik.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Dekat dengan sumber bahan baku dan lokasi pemasaran</li> </ul>                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Mendapatkan lahan kosong</li> </ul>                                                     |

| Variabel     | Internal                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                               | Eksternal                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                          |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
|              | <i>Strength (Kekuatan)</i>                                                                                                                                                                                         | <i>Weakness (Kelemahan)</i>                                                                                   | <i>Opportunities (Peluang)</i>                                                                                                                                                                                                                                                         | <i>Threat (Tantangan)</i>                                                                |
| Transportasi | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Transportasi pemasaran dekat dengan akses jalan lintas Sumatera</li> <li>• Dekat dengan Akses Pelabuhan Bandar Lampung untuk mendukung distribusi ekspor-impor</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kerusakan infrastruktur jalan dan Pelabuhan sewaktu-waktu</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Terhubung ke Pelabuhan Panjang yang memiliki akses langsung untuk menghubungkan Sumatera dengan Jawa</li> <li>• Akses dekat dengan jalan lintas Sumatera</li> <li>• Lokasi strategis untuk akses pasar domestik dan potensi ekspor</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perlu alat transportasi yang memadai</li> </ul> |

### 1.3.2 Alternatif Lokasi II (Mojokerto)

Kota Mojokerto merupakan kawasan yang berada di Kabupaten Jawa Timur, pabrik akan didirikan di Kawasan Balong Sono, Canggu, Kec. Jetis, yang dapat dilihat pada Gambar 1. 3



**Gambar 1.3** Lokasi Pabrik Kawasan Balong Sono, Canggu, Kec. Jetis, Mojokerto

Berikut merupakan untuk analisa SWOT di Mojokerto, Jawa Timur dapat dilihat pada Tabel 1.8

**Tabel 1.8** Analisa SWOT di Mojokerto

| Variabel       | Internal                                                                                                                                                             |                                                                                                                          | Eksternal                                                                                                                                    |                                                                                                                      |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                | <i>Strength</i> (Kekuatan)                                                                                                                                           | <i>Weakness</i> (Kelemahan)                                                                                              | <i>Opportunities</i> (Peluang)                                                                                                               | <i>Threat</i> (Tantangan)                                                                                            |
| Bahan Baku     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Lokasi dekat dengan bahan baku berupa Alang-alang dengan luas lahan mencapai 10.000 Ha</li> </ul>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tergantung dengan pemasok dan lahan</li> </ul>                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tersedia sumber bahan baku</li> </ul>                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Mempertahankan dan menjaga kualitas bahan baku</li> </ul>                     |
| Pemasaran      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Merupakan kawasan yang berpotensi besar untuk pemasaran bioetanol</li> </ul>                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Pemasaran produk baru membutuhkan strategi pengenalan yang lebih kuat.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Permintaan bioetanol sebagai bahan bakar alternatif terus meningkat.</li> </ul>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Fluktuasi harga bioetanol dan ketidakpastian kebijakan pemerintah.</li> </ul> |
| Utilitas       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Dekat dengan aliran Sungai Brantas, dan Sungai Gedang</li> </ul>                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Digunakan oleh industri sekitarnya</li> </ul>                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bisa memperoleh kebutuhan listrik dan PLN</li> <li>Dapat memanfaatkan utilitas dari pabrik</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Perlu pengolahan air lebih maksimal</li> </ul>                                |
| Tenaga Kerja   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tersedia tenaga kerja yang berlimpah</li> <li>Pabrik dekat dengan pemukiman sebagai sarana perekrutan tenaga kerja</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kompetisi gaji tenaga kerja dengan pabrik lain</li> </ul>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Adanya MOU dengan perguruan tinggi</li> </ul>                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Persaingan rekrutmen dengan pabrik yang lebih mapan</li> </ul>                |
| Kondisi Daerah | <ul style="list-style-type: none"> <li>Iklim relatif stabil</li> </ul>                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Risiko banjir atau cuaca buruk</li> </ul>                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Dekat dengan sumber bahan baku dan lokasi pemasaran</li> </ul>                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Mendapatkan lahan kosong</li> </ul>                                           |

| Variabel     | Internal                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                               | Eksternal                                                                                                                         |                                                                                          |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
|              | <i>Strength</i> (Kekuatan)                                                                                                                                                                                          | <i>Weakness</i> (Kelemahan)                                                                                   | <i>Opportunities</i> (Peluang)                                                                                                    | <i>Threat</i> (Tantangan)                                                                |
| Transportasi | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Transportasi pemasaran dekat dengan akses jalan raya</li> <li>• Memiliki akses yang cukup baik ke jalan raya utama yang menghubungkan Mojokerto dengan Surabaya</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kerusakan infrastruktur jalan dan Pelabuhan sewaktu-waktu</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Akses ke pasar domestik dan kemungkinan ekspor melalui pelabuhan di Surabaya.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perlu Alat transportasi yang memadai</li> </ul> |

### 1.3.3 Alternatif Lokasi III (Lumajang)

Lumajang merupakan kawasan yang berada di Jawa Timur, pabrik akan didirikan di Kawasan Lempeni, Kec. Tempeh, Kec. Panjang, yang dapat dilihat pada Gambar 1. 4



**Gambar 1.4** Lokasi Pabrik Kawasan Lempeni, Kec. Tempeh, Kec. Panjang, Lumajang

Berikut merupakan untuk analisa SWOT di Lumajang, Jawa Timur dapat dilihat pada Tabel 1.9

**Tabel 1.9** Analisa SWOT di Lumajang

| Variabel       | Internal                                                                                                                                                                 |                                                                                                                            | Eksternal                                                                                                                                        |                                                                                                                                 |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                | <i>Strength (Kekuatan)</i>                                                                                                                                               | <i>Weakness (Kelemahan)</i>                                                                                                | <i>Opportunities (Peluang)</i>                                                                                                                   | <i>Threat (Tantangan)</i>                                                                                                       |
| Bahan Baku     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lokasi dekat dengan bahan baku berupa Alang-alang dengan luas lahan mencapai 7.500 Ha</li> </ul>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tergantung dengan pemasok dan lahan</li> </ul>                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tersedia sumber bahan baku</li> </ul>                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mempertahankan dan menjaga kualitas bahan baku</li> </ul>                              |
| Pemasaran      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Merupakan kawasan yang berpotensi besar untuk pemasaran bioetanol</li> </ul>                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemasaran produk baru membutuhkan strategi pengenalan yang lebih kuat.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Permintaan bioetanol dari sektor energi dan industri meningkat.</li> </ul>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fluktuasi harga energi dan perubahan kebijakan pemerintah terkait bioenergi</li> </ul> |
| Utilitas       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dekat dengan aliran Sungai Glidik</li> </ul>                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Digunakan oleh industri sekitarnya</li> </ul>                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bisa memperoleh kebutuhan listrik dan PLN</li> <li>• Dapat memanfaatkan utilitas dari pabrik</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perlu pengolahan air lebih maksimal</li> </ul>                                         |
| Tenaga Kerja   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tersedia tenaga kerja yang berlimpah</li> <li>• Pabrik dekat dengan pemukiman sebagai sarana perekrutan tenaga kerja</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kompetisi gaji tenaga kerja dengan pabrik lain</li> </ul>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adanya MOU dengan perguruan tinggi</li> </ul>                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mendapatkan lahan kosong</li> </ul>                                                    |
| Kondisi Daerah | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Iklim relatif stabil</li> </ul>                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Risiko banjir atau cuaca buruk yang bisa mengganggu operasional pabrik</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dekat dengan sumber bahan baku dan lokasi pemasaran</li> </ul>                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mendapatkan lahan kosong</li> </ul>                                                    |
| Transportasi   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Transportasi pemasaran dekat dengan akses jalan raya</li> </ul>                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kerusakan infrastruktur jalan dan Pelabuhan</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Akses ke pasar domestik dan kemungkinan ekspor melalui</li> </ul>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perlu Alat transportasi yang memadai</li> </ul>                                        |

Berdasarkan analisa SWOT terhadap bahan baku, pemasaran, tenaga kerja, utilitas dan kondisi daerah. Maka untuk pemilihan lokasi pabrik, digunakan skala *likert* yang disajikan pada Tabel 1.10.

**Tabel 1.10** Analisis Lokasi Pabrik Green Diese

| <b>Variabel</b> | <b>Lampung</b> | <b>Mojokerto</b> | <b>Lumajang</b> |
|-----------------|----------------|------------------|-----------------|
| Bahan Baku      | 5              | 4                | 4               |
| Pemasaran       | 5              | 5                | 4               |
| Utilitas        | 5              | 5                | 5               |
| Tenaga Kerja    | 5              | 5                | 5               |
| Kondisi Daerah  | 5              | 5                | 5               |
| Transportasi    | 5              | 5                | 5               |
| Total           | 30             | 29               | 28              |

1 = Sangat Tidak Baik

2 = Tidak Baik

3 = Cukup

4 = Baik

5 = Sangat Baik

Berdasarkan pengamatan terhadap analisis lokasi pabrik Bioetanol, Daerah Lampung sangat memenuhi kriteria untuk didirikan Pabrik Bioetanol. Adapun faktor-faktor yang dipertimbangkan adalah sebagai berikut:

1. Penyediaan Bahan Baku

Bahan baku pembuatan Bioetanol adalah Alang-alang. Kota Lampung merupakan salah satu daerah dengan kawasan tumbuh alang-alang terluas di Indonesia yaitu seluas 15.000 Ha. Sehingga kebutuhan akan pasokan bahan baku akan teratasi.

2. Pemasaran Produk

Daerah Kota Lampung merupakan daerah yang yang mudah dijangkau Industri Indonesia dan Intenasional diharapkan akan memudahkan pemasaran, terutama untuk orientasi dalam negeri.

3. Tenaga Kerja Kota

Kota Lampung merupakan salah satu daerah produktif diLampung, sehingga penyediaan tenaga kerja dapat diperoleh dari daerah di sekitarnya, baik tenaga kasar maupun tenaga terdidik.

4. Utilitas

Fasilitas utilitas yang meliputi penyediaan air, bahan bakar, dan listrik. Kebutuhan listrik dapat memanfaatkan listrik PLN maupun swasta yang sudah masuk ke wilayah ini.

Dengan memahami kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman ini, perusahaan dapat merencanakan langkah-langkah yang diperlukan untuk mendirikan dan mengoperasikan pabrik bioetanol yang sukses di Lampung.