

**ANALISIS PEMANFAATAN CANGKANG DAN SERABUT  
KELAPA SAWIT UNTUK BAHAN BAKAR BOILER  
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BIOMASSA (PLTBm) DI  
PT PERKEBUNAN NUSANTARA (PTPN) IV REGIONAL VI  
UNIT PABRIK KELAPA SAWIT PULAU TIGA  
ACEH TAMIANG**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Oleh:**

**DINDA AULIA PUTRI  
NIM.210702052  
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi  
Program Studi Teknik Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY  
BANDA ACEH  
2025 M/1447 H**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**ANALISIS PEMANFAATAN CANGKANG DAN SERABUT  
KELAPA SAWIT UNTUK BAHAN BAKAR BOILER  
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BIOMASSA (PLTBm) DI  
PT PERKEBUNAN NUSANTARA (PTPN) IV REGIONAL VI  
UNIT PABRIK KELAPA SAWIT PULAU TIGA  
ACEH TAMIANG**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh  
Sebagai Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Diajukan oleh:

**DINDA AULIA PUTRI**

**NIM. 210702052**

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi  
Program Studi Teknik Lingkungan

Banda Aceh, 22 Juli 2025

Telah Diperiksa dan Disetujui oleh:

Pembimbing I



**Suardi Nur, S.T., M.Sc., Ph.D.**

NIDN. 2010108103

Pembimbing II



**Muhammad Haikal, S.T., M.Sc.**

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Ar-Raniry Banda Aceh



**Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc.**

NIDN. 2009118301

## LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

### ANALISIS PEMANFAATAN CANGKANG DAN SERABUT KELAPA SAWIT UNTUK BAHAN BAKAR BOILER PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BIOMASSA (PLTBm) DI PT PERKEBUNAN NUSANTARA (PTPN) IV REGIONAL VI UNIT PABRIK KELAPA SAWIT PULAU TIGA ACEH TAMIANG

#### TUGAS AKHIR

Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir  
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh  
Dinyatakan Lulus serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi  
Program Sarjana (S-1) dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal: Selasa, 19 Agustus 2025  
Selasa, 25 Safar 1447 H

Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir

Ketua,

Suardi Nur, S.T., M.Sc., Ph.D.  
NIDN. 2010108103

Sekretaris,

Ir. Muhammad Haikal, S.T., M.Sc.  
NUPTK. 4557773674130302

Penguji I,

Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc.  
NIDN. 2015118002

Penguji II,

Ir. Lisa Ginavatri, S.T., M.T

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh



Prof. Dr. Ir. M. Dirhamsvah, M.T., IPU  
NIP. 196210021988111001

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dinda Aulia Putri

NIM : 210702052

Program Studi : Teknik Lingkungan

Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh

Judul : Analisis Pemanfaatan Cangkang dan Serabut Kelapa Sawit untuk Bahan Bakar Boiler Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm) di PT Perkebunan Nusantara (PTPN) IV Regional VI Unit Pabrik Kelapa Sawit Pulau Tiga Aceh Tamiang

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini, saya:

1. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini;
2. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh maupun di perguruan tinggi lainnya;
3. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari dosen pembimbing;
4. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
5. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya; dan
6. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.

Bila kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Banda Aceh, 19 Februari 2025



Dinda Aulia Putri

## ABSTRAK

Nama : Dinda Aulia Putri  
NIM : 210702052  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Judul : Analisis Pemanfaatan Cangkang dan Serabut Kelapa Sawit untuk Bahan Bakar Boiler Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm) di PT Perkebunan Nusantara (PTPN) IV Regional VI Unit Pabrik Kelapa Sawit Pulau Tiga Aceh Tamiang  
Tebal Halaman : 104 Halaman  
Pembimbing I : Suardi Nur, S.T., M.Sc., Ph.D.  
Pembimbing II : Ir. Muhammad Haikal, S.T., M.Sc.  
Kata Kunci : Biomassa, Cangkang Kelapa Sawit, Serabut, Boiler, PLTBm, Emisi Gas Buang, Efisiensi Energi

Penelitian ini menganalisis pemanfaatan limbah padat cangkang dan serabut kelapa sawit sebagai bahan bakar boiler Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm) di PKS Pulau Tiga, Aceh Tamiang. Permasalahan yang dikaji adalah komposisi optimal bahan bakar untuk memenuhi kebutuhan listrik pabrik serta emisi gas buang yang dihasilkan. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif berdasarkan data sekunder yaitu data kapasitas olah pabrik 30 ton TBS/jam, nilai kalor cangkang 4.120 kkal/kg, serabut 2.710 kkal/kg, dan efisiensi boiler 73%, sehingga diperoleh komposisi optimal penggunaan serabut 87,6% dan cangkang 12,4%. Komposisi ini mampu menghasilkan daya listrik 14.929 kWh dan mencukupi kebutuhan operasional pabrik sebesar 12.107,08 kWh. Emisi gas buang tercatat NO<sub>2</sub> sebesar 146 mg/m<sup>3</sup>, SO<sub>2</sub> sebesar 160 mg/m<sup>3</sup>, dan partikulat (*fly ash*) sebesar 134 mg/m<sup>3</sup>, yang masih memenuhi baku mutu lingkungan. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pemanfaatan limbah cangkang dan serabut dapat dioptimalkan sebagai bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa emisi udara di lokasi kegiatan memenuhi baku mutu yang ditetapkan.

## ***ABSTRACT***

*Name* : Dinda Aulia Putri  
*Student ID Number* : 210702052  
*Department* : Environmental Engineering  
*Title* : *Analysis of the Utilization of Palm Oil Shells and Fibers for Boiler Fuel for Biomass Power Plant (PLTBm) at PT Perkebunan Nusantara (PTPN) IV Regional VI Unit Palm Oil Mill Pulau Tiga Aceh Tamiang*  
*Number of Pages* : 104 Pages  
*Advisor I* : Suardi Nur, S.T., M.Sc., Ph. D.  
*Advisor II* : Ir. Muhammad Haikal, S.T., M.Sc.  
*Keywords* : Biomass, Palm Kernel Shell, Fiber, Boiler, Biomass Power Plant, Flue Gas Emissions, Energy Efficiency

*This study analyses the utilisation of solid waste from palm kernel shells and palm fibre as fuel for the biomass power plant (PLTBm) at the Pulau Tiga Palm Oil Mill in Aceh Tamiang. The issues examined are the optimal fuel composition to meet the factory's electricity needs and the resulting exhaust emissions. The research method employs a quantitative approach based on secondary data, including the plant's processing capacity of 30 tonnes of Fresh Fruit Bunches (FFB) per hour, the calorific value of shells at 4,120 kcal/kg, husks at 2,710 kcal/kg, and boiler efficiency at 73%. This results in an optimal fuel composition of 87.6% husks and 12.4% shells. This composition can generate 14,929 kWh of electricity and meet the factory's operational needs of 12,107.08 kWh. The recorded exhaust gas emissions are NO<sub>2</sub> at 146 mg/m<sup>3</sup>, SO<sub>2</sub> at 160 mg/m<sup>3</sup>, and particulates (fly ash) at 134 mg/m<sup>3</sup>, which still meet environmental quality standards. This study concludes that the utilization of shell and fiber waste can be optimized as a more environmentally friendly alternative fuel. The calculation results show that air emissions at the activity site meet the specified quality standards.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas ke hadirat Allah Swt. yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusunan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik, serta *shalawat* dan *salam* kepada Nabi Muhammad saw. yang telah memberikan pencerahan ilmu kepada umat manusia.

Tugas Akhir yang berjudul "Analisis Pemanfaatan Cangkang dan Serabut Kelapa Sawit untuk Bahan Bakar Boiler Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm) di PT Perkebunan Nusantara (PTPN) IV Regional VI Unit Pabrik Kelapa Sawit Pulau Tiga Aceh Tamiang" ini disusun sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk menyelesaikan program sarjana pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Dengan penuh rasa hormat dan kasih, penulis mengucapkan terima kasih yang mendalam kepada Ayahanda Fadhli Alfad, SE dan Ibunda Lina Diana tercinta yang sudah menjadi sandaran terkuat untuk penulis, semangat, kasih sayang serta doa selalu mereka berikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Menjadi kebanggaan bagi penulis memiliki orang tua yang selalu dapat meneduhkan lelahnya penulis dan selalu memberikan dukungan dengan ketulusan.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, penulis memperoleh banyak bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T. IPU., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Ibu Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc., selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
3. Bapak Aulia Rohendi, M.Sc., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

4. Bapak Teuku Muhammad Ashari, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama perkuliahan.
5. Bapak Suardi Nur, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku pembimbing I Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan yang sangat berarti dalam proses penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Bapak Ir. Muhammad Haikal, S.T., M.Sc., selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan dukungan selama pelaksanaan penelitian hingga penyusunan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Peneliti menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kesalahan. Oleh karena itu, peneliti mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membutuhkan. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Banda Aceh, 19 Agustus 2025



Dinda Aulia Putri





## DAFTAR ISI

|                                                      |           |
|------------------------------------------------------|-----------|
| LEMBAR PERSETUJUAN .....                             | i         |
| LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....                  | ii        |
| LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....         | iii       |
| ABSTRAK .....                                        | iv        |
| <i>ABSTRACT</i> .....                                | v         |
| KATA PENGANTAR .....                                 | vi        |
| DAFTAR ISI .....                                     | viii      |
| DAFTAR GAMBAR .....                                  | xi        |
| DAFTAR TABEL .....                                   | xii       |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                                | xiii      |
| <b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>                       | <b>1</b>  |
| 1.1 Latar Belakang Masalah .....                     | 1         |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                            | 2         |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....                          | 2         |
| 1.4 Manfaat Penelitian .....                         | 3         |
| 1.5 Batasan Masalah .....                            | 3         |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>                 | <b>5</b>  |
| 2.1 Limbah Padat Kelapa Sawit .....                  | 5         |
| 2.1.1 Tandan Kosong Kelapa Sawit .....               | 5         |
| 2.1.2 Cangkang Kelapa Sawit .....                    | 6         |
| 2.1.3 Serabut Kelapa Sawit .....                     | 7         |
| 2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm) ..... | 7         |
| 2.2.1 Ketel Uap (Boiler) .....                       | 9         |
| 2.2.2 Turbin Uap .....                               | 10        |
| 2.2.3 Generator .....                                | 11        |
| 2.2.4 Kondensor .....                                | 12        |
| 2.3 Penelitian Terdahulu .....                       | 13        |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>           | <b>18</b> |
| 3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian .....                | 18        |
| 3.2 Data-Data Awal .....                             | 20        |

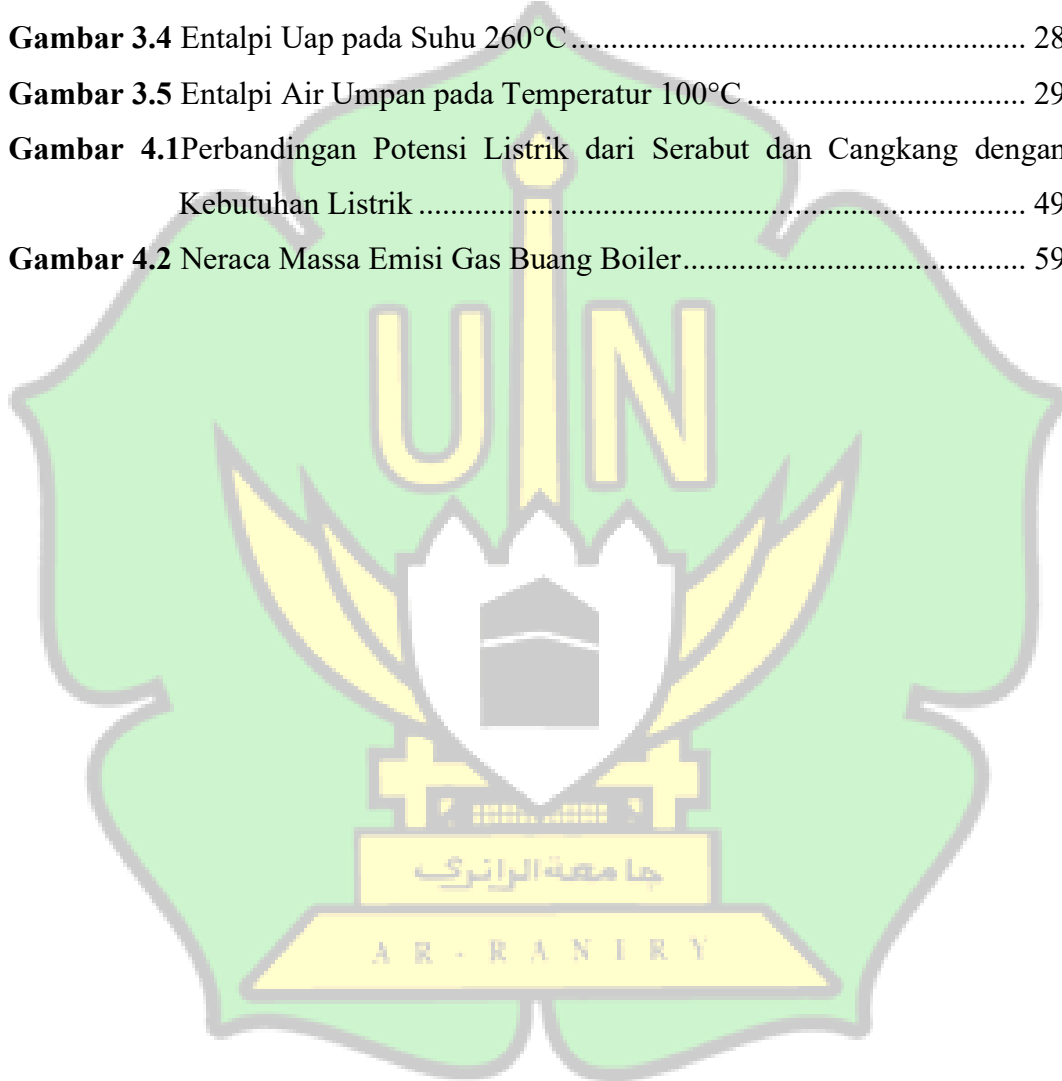
|                                                                                                                                       |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.3 Pendekatan Penelitian .....                                                                                                       | 21        |
| 3.4 Metode Pengumpulan dan Pengolahan Data .....                                                                                      | 22        |
| 3.5 Metode Analisis Data.....                                                                                                         | 26        |
| 3.5.1 Menentukan Komposisi Optimal Penggunaan Cangkang dan Serabut Kelapa Sawit untuk Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm)..... | 26        |
| A. Analisis Komposisi Optimal Bahan Bakar Boiler.....                                                                                 | 26        |
| B. Analisis Kebutuhan Energi Listrik pada Pabrik Kelapa Sawit (PKS).....                                                              | 32        |
| 3.5.2 Menganalisis Emisi Gas Buang yang Dihasilkan dari Boiler Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm).....                        | 33        |
| A. Analisis <i>Ultimate</i> Cangkang .....                                                                                            | 33        |
| B. Analisis <i>Ultimate</i> Serabut.....                                                                                              | 33        |
| C. Analisis Kebutuhan Udara Pembakaran Cangkang dan Serabut .....                                                                     | 34        |
| D. Analisis Gas Buang Pembakaran Cangkang dan Serabut                                                                                 | 39        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>                                                                                               | <b>43</b> |
| 4.1 Menentukan Komposisi Optimal Penggunaan Cangkang dan Serabut Kelapa Sawit untuk Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm).....   | 43        |
| 4.1.1 Analisis Komposisi Optimal Bahan Bakar Boiler .....                                                                             | 43        |
| 4.1.2 Analisis Kebutuhan Energi Listrik pada Pabrik Kelapa Sawit (PKS) .....                                                          | 47        |
| 4.2 Menganalisis Emisi Gas Buang yang Dihasilkan dari Boiler Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm).....                          | 52        |
| 4.2.1 Analisis <i>Ultimate</i> Cangkang .....                                                                                         | 53        |
| 4.2.2 Analisis <i>Ultimate</i> Serabut .....                                                                                          | 54        |
| 4.2.3 Analisis Kebutuhan Udara Pembakaran Cangkang dan Serabut .....                                                                  | 56        |
| 4.2.4 Analisis Emisi Gas Buang Pembakaran Cangkang dan Serabut .....                                                                  | 58        |

|                                                           |            |
|-----------------------------------------------------------|------------|
| 4.2.5 Analisis Hasil Perhitungan Emisi Gas Buang Terhadap |            |
| Standar Baku Mutu .....                                   | 60         |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>                   | <b>62</b>  |
| 5.1 Kesimpulan .....                                      | 62         |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                               | <b>xii</b> |
| <b>LAMPIRAN .....</b>                                     | <b>xvi</b> |



## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 2.1</b> Proses Operasi Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm).....                           | 8  |
| <b>Gambar 2.2</b> Prinsip Kerja Kondensor.....                                                             | 12 |
| <b>Gambar 3.1</b> Peta Lokasi Penelitian PKS Pulau Tiga Aceh Tamiang .....                                 | 18 |
| <b>Gambar 3.2</b> Diagram Alur Penelitian .....                                                            | 22 |
| <b>Gambar 3.3</b> Tampilan Awal <i>ChemicaLogic SteamTab Companion</i> .....                               | 27 |
| <b>Gambar 3.4</b> Entalpi Uap pada Suhu 260°C .....                                                        | 28 |
| <b>Gambar 3.5</b> Entalpi Air Umpan pada Temperatur 100°C .....                                            | 29 |
| <b>Gambar 4.1</b> Perbandingan Potensi Listrik dari Serabut dan Cangkang dengan<br>Kebutuhan Listrik ..... | 49 |
| <b>Gambar 4.2</b> Neraca Massa Emisi Gas Buang Boiler.....                                                 | 59 |



## DAFTAR TABEL

|                   |                                                                                                                                   |    |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabel 2.1</b>  | Penelitian Terdahulu.....                                                                                                         | 13 |
| <b>Tabel 3.1</b>  | Jadwal Pelaksanaan Penelitian .....                                                                                               | 19 |
| <b>Tabel 3.2</b>  | Data Kapasitas Pabrik .....                                                                                                       | 20 |
| <b>Tabel 3.3</b>  | Data Komposisi <i>Mass balance</i> .....                                                                                          | 20 |
| <b>Tabel 3.4</b>  | Nilai Kalor Cangkang dan Serabut.....                                                                                             | 20 |
| <b>Tabel 3.5</b>  | Harga Jual Cangkang Kelapa Sawit .....                                                                                            | 20 |
| <b>Tabel 3.6</b>  | Spesifikasi Boiler .....                                                                                                          | 21 |
| <b>Tabel 4.1</b>  | Perbandingan Ketersediaan Bahan Bakar dan Penggunaan Aktual .                                                                     | 43 |
| <b>Tabel 4.2</b>  | Kebutuhan Uap ( <i>Steam</i> ) pada Boiler.....                                                                                   | 44 |
| <b>Tabel 4.3</b>  | Entalpi Temperatur Uap Boiler dan Entalpi Air Umpan Boiler.....                                                                   | 45 |
| <b>Tabel 4.4</b>  | Potensi Uap Bahan Bakar Boiler.....                                                                                               | 45 |
| <b>Tabel 4.5</b>  | Keuntungan Penjualan Sisa Cangkang.....                                                                                           | 46 |
| <b>Tabel 4.6</b>  | Data Kebutuhan Listrik PKS Pulau Tiga .....                                                                                       | 47 |
| <b>Tabel 4.7</b>  | Persentase Kebutuhan Listrik di PKS Pulau Tiga .....                                                                              | 48 |
| <b>Tabel 4.8</b>  | Potensi Listrik yang Dihasilkan .....                                                                                             | 49 |
| <b>Tabel 4.9</b>  | Spesifikasi Turbin.....                                                                                                           | 50 |
| <b>Tabel 4.10</b> | Komposisi Unsur Kimia Cangkang dan Serabut.....                                                                                   | 52 |
| <b>Tabel 4.11</b> | Analisis <i>Ultimate</i> Cangkang.....                                                                                            | 53 |
| <b>Tabel 4.12</b> | Analisis <i>Ultimate</i> Serabut.....                                                                                             | 54 |
| <b>Tabel 4.15</b> | Kebutuhan Udara Pembakaran Cangkang dan Serabut.....                                                                              | 57 |
| <b>Tabel 4.16</b> | Emisi Gas Buang Pembakaran Cangkang dan Serabut .....                                                                             | 58 |
| <b>Tabel 4.17</b> | Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Ketel Uap yang Menggunakan Bahan Bakar Biomassa Berupa Serabut dan/atau Cangkang ..... | 60 |
| <b>Tabel 4.18</b> | Perbandingan Emisi Gas Buang Boiler Terhadap Standar Baku Mutu .....                                                              | 61 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|                     |                                                               |       |
|---------------------|---------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Lampiran I</b>   | Regulasi Pemerintah.....                                      | xvii  |
| <b>Lampiran II</b>  | Analisis Komposisi Optimal Bahan Bakar Boiler .....           | xviii |
| <b>Lampiran III</b> | Analisis Kebutuhan Energi Listrik PKS Pulau Tiga .....        | xxi   |
| <b>Lampiran IV</b>  | Analisis Emisi Gas Buang Pembakaran Cangkang dan Serabut..... | xxiv  |
| <b>Lampiran V</b>   | Dokumentasi Penelitian .....                                  | xxxiv |



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Menurut Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), di antara sumber daya Energi Baru dan Terbarukan (EBT) yang sangat potensial di Indonesia yaitu biomassa yang berasal dari limbah dan tanaman, memiliki potensi listrik sebesar 49.810 MW (Sindhuwati dkk., 2021). Kesadaran akan manfaat energi terbarukan yang bersumber dari alam terus ditingkatkan penerapannya. Permintaan energi terbarukan meningkat sebagai akibat menurunnya cadangan bahan bakar fosil. Alasan lainnya, peningkatan pemanfaatan EBT dikarenakan mudah diperoleh dan dapat dikonversi menjadi berbagai jenis bahan bakar seperti briket, *bio-pellet*, gas sintesis, dan limbah cair yang melalui proses fermentasi. Energi terbarukan yang dihasilkan dari sumber biologis, seperti biomassa, dapat diperoleh dari limbah pertanian seperti sekam padi, jerami, batok kelapa, cangkang, tandan sawit kosong, dan limbah kayu (Rezki dkk., 2023).

Seiring bertambahnya luas lahan kelapa sawit di Indonesia, negara ini menjadi produsen kelapa sawit terbesar di dunia. Berdasarkan data Ditjen Perkebunan Kementerian Pertanian (Kementan), luas lahan kelapa sawit di Indonesia meningkat dari 14.326.350 hektar pada tahun 2018 menjadi 14.996.010 hektar pada tahun 2020 yang melebihi target Rencana Strategis (Renstra) Kementan yaitu sebesar 14.724.420 hektar (Siahaan & Dariantio, 2020). Kelapa sawit adalah salah satu komoditi hasil perkebunan yang penting bagi perekonomian negara. Sejalan dengan peningkatan produksi kelapa sawit setiap tahun, volume limbah padat dan cair kelapa sawit juga akan meningkat. Limbah padat kelapa sawit terdiri dari tandan kosong, cangkang, dan serabut, sedangkan limbah cair berupa bahan organik yang tinggi (Andriansyah & Arizona, 2023).

Limbah padat dari industri kelapa sawit, terutama cangkang dan serabut, memiliki potensi besar sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan. Salah satu alternatif yang menarik adalah pemanfaatan limbah padat kelapa sawit sebagai biomassa untuk pembangkit listrik. Penggunaan limbah padat kelapa

sawit sebagai bahan bakar pembangkit listrik mendorong pertumbuhan ekonomi sirkular, yang berarti adanya pemanfaatan limbah untuk proses lain.

Dalam industri kelapa sawit, pemanfaatan limbah biomassa seperti cangkang dan serabut kelapa sawit sebagai sumber energi alternatif menjadi solusi yang berpotensi meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan. Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm) menawarkan peluang untuk menggantikan energi berbasis *diesel* sehingga dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan menekan biaya operasional. Untuk mencapai efisiensi maksimal, diperlukan kajian mengenai komposisi optimal penggunaan cangkang dan serabut kelapa sawit sebagai bahan bakar PLTBm. Di samping itu, aspek lingkungan menjadi perhatian utama, terutama terkait emisi gas buang dari penggunaan PLTBm. Dengan demikian, penelitian ini penting dilakukan untuk menentukan kombinasi bahan bakar yang paling efisien serta menganalisis dampak emisi gas buang yang ditimbulkan, sehingga dapat menjadi dasar pengembangan energi ramah lingkungan di industri kelapa sawit.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa komposisi optimal penggunaan cangkang dan serabut kelapa sawit untuk Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm) di PKS Pulau Tiga?
2. Berapa emisi gas buang yang dihasilkan dari Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm) sebagai pengganti energi listrik berbasis *diesel* di PKS Pulau Tiga?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan komposisi optimal penggunaan cangkang dan serabut kelapa sawit untuk Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm) di PKS Pulau Tiga.



2. Menganalisis emisi gas buang yang dihasilkan dari Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm) sebagai pengganti energi listrik berbasis *diesel* di PKS Pulau Tiga untuk menilai dampak lingkungan yang ditimbulkan.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian yang diharapkan adalah sebagai berikut:

1. Dengan menentukan komposisi optimal penggunaan cangkang dan serabut kelapa sawit untuk Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm), penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang tepat dalam pemanfaatan limbah kelapa sawit sebagai sumber energi. Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk mendukung keberlanjutan operasional pabrik dengan memastikan bahwa kebutuhan energi listrik terpenuhi melalui sumber daya yang tersedia.
2. Memberikan gambaran kuantitatif mengenai emisi gas buang dari penggunaan PLTBm sebagai pengganti energi listrik berbasis *diesel*, sehingga dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan dalam upaya pengurangan dampak lingkungan di PKS Pulau Tiga.

#### 1.5 Batasan Masalah

Untuk mendapatkan hasil pembahasan yang maksimal dan lebih tepat pada aspek-aspek kunci yang relevan dengan tujuan penelitian yang telah ditetapkan, peneliti membatasi masalah yang akan dibahas pada penelitian ini. Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini berfokus pada evaluasi kinerja sistem pemanfaatan cangkang dan serabut kelapa sawit sebagai bahan bakar boiler berdasarkan standar operasional yang ditetapkan oleh PKS Pulau Tiga tanpa modifikasi atau intervensi.
2. Penelitian ini tidak melakukan pengujian laboratorium terhadap nilai kalor bahan bakar boiler berupa cangkang dan serabut kelapa sawit. Data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan data sekunder dari PKS Pulau Tiga yang meliputi data kapasitas pengolahan TBS/jam, data komposisi *mass balance*, data nilai kalor cangkang dan serabut kelapa sawit, harga bahan bakar/kg, spesifikasi boiler, dan data daya listrik terukur pada

kegiatan pengolahan TBS.

3. Perhitungan emisi gas buang yang difokuskan hanya pada parameter  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ , dan partikulat (*fly ash*) yang kemudian dibandingkan dengan baku mutu emisi pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 07 Tahun 2007 tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Ketel Uap.

