

**ANALISA PEMANFAATAN CANGKANG DAN SERAT (*FIBRE*)
PRODUKSI CPO (*CRUDE PALM OIL*) SEBAGAI BAHAN
ALTERNATIF PEMBANGKIT LISTRIK DI PMKS
PT. SINAR GUNUNG SAWIT RAYA (SGSR)**

SKRIPSI

Disusun Oleh :

LUNDU L. SIMANULLANG

178150116



PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2022

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 28/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)28/12/22

**ANALISA PEMANFAATAN CANGKANG DAN SERAT (*FIBRE*)
PRODUKSI CPO (*CRUDE PALM OIL*) SEBAGAI BAHAN
ALTERNATIF PEMBANGKIT LISTRIK DI PMKS
PT. SINAR GUNUNG SAWIT RAYA (SGSR)**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area

Oleh :

LUNDU L. SIMANULLANG

178150116

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2022

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 28/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)28/12/22

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : **Analisa Pemanfaatan Cangkang dan Serat (*Fibre*)
Produksi CPO (*Crude Palm Oil*) Sebagai Bahan
Alternatif Pembangkit Listrik Di PMKS PT. Sinar
Gunung Sawit Raya (SGSR)**

Nama : Lundu L Simanullang

NPM : 178150116

Fakultas : Teknik

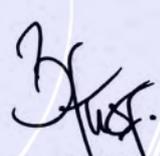
Disetujui Oleh :

Komisi Pembimbing,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Dr. Ir. Hj. Haniza, MT
NIDN : 00-3101-6102


Nukhe Andri Silviana, ST, MT
NIDN : 01-2703-8802

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi



Dr. Rahmi Diah Syah, S.Kom. M. Kom
NIDN: 01-0505-8804



Nukhe Andri Silviana, ST, MT
NIDN: 01-2703-8802

UNIVERSITAS MEDAN AREA
Tanggal Disetujui: 28 September 2022

LEMBAR PERYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai norma, kaidah, etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiasi dalam penelitian skripsi ini.

Medan, 16 November 2022



Lundu L. Simanullang
Lundu L. Simanullang
178150038

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Lundu L. Simanullang
NPM : 178150116
Program Studi : Teknik Industri
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area (**Hak Bebas Royalti Non Eksklusif**) (*Non Eksklusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah yang berjudul Analisa Pemanfaatan Cangkang dan Serat (*Fibre*) Produksi CPO (*Crude Palm Oil*) Sebagai Bahan Alternatif Pembangkit Listrik Di PMKS PT. Sinar Gunung Sawit Raya (SGSR). Dengan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, menformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Di buat di: Medan
Pada tanggal, 16 November 2022
Yang menyatakan



Lundu L. Simanullang

RIWAYAT HIDUP



Lundu L. Simanullang, dilahirkan Di Sitinjak, Desa Purba Bersatu, Kecamatan Pakkat, Kabupaten Humbang Hasundutan Provinsi Sumatera Utara pada tanggal 31 Oktober 1996. Penulis merupakan anak ke dua dari tujuh bersaudara dari pasangan Bapak Alm. Juniasi Simanullang, S.Pd dan Ibunda Delilla Marlinda Pasribu.

Penulis pertama kali masuk pendidikan formal di SDN 173467 pada tanggal 14 Juli 2003, kemudian tamat pada tanggal 20 Juni 2009. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan SMP Negeri 1 Pakkat pada tanggal 11 Juli 2009, kemudian lulus pada tanggal 02 Juni 2012. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan SMA Swasta RK Santa Maria Pakkat pada tanggal 14 Juli 2012, kemudian lulus pada tanggal 15 Mei 2015. Setelah lulus SMA penulis melanjutkan kejenjang perkuliahan pada tahun 2017, di Universitas Medan Area dengan mengambil program studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, dan dinyatakan lulus sebagai Sarjana Teknik pada hari Rabu tanggal 28 September 2022.

Pada tahun 2020, penulis melaksanakan kerja praktek (KP) di PMKS PT. Sinar Gunung Sawit Raya yang berlokasi di Jl. Barus-Manduamas, Desa SP 1, Kecamatan Sirandorung, Kabupaten Tapanuli Tengah, Provinsi Sumatera Utara selama \pm 1 bulan dan ditahun 2021 penulis melakukan penelitian Tugas Akhir di Jl. Barus-Manduamas, Desa SP 1, Kecamatan Sirandorung, Kabupaten Tapanuli Tengah, Provinsi Sumatera Utara selama 2 bulan.

ABSTRACT

Lundu L. Simanullang, 178150116. "The Analysis of CPO (Crude Palm Oil) Production Shells and Fibers Utilization as Alternative Materials for Power Generation at PMKS PT. Sinar Gunung Sawit Raya (SGSR)". Supervised by Dr. Ir. Hj. Haniza, M.T. and Nukhe Andri Silviana, S.T, M.T.

The problems had occurred at PT Sinar Gunung Sawit Raya are the lack of electrical energy from the State Electricity Company/Perusahaan Listrik Negara (PLN) and the electricity costs being too expensive resulted in a shortage of electrical energy and an increase in the electrical energy costs. Shells and fibers utilization as boiler fuels is an option for producing steam to drive turbines for electrical energy. This study aimed to analyze the CPO (Crude Palm Oil) production shells and fibers utilization as alternative materials for power generation and the demand for electrical energy in the CPO production process at PT. SGSR. Based on the data processing results, it was found that PT Sinar Gunung Sawit Raya owned a Steam Power Generation system with a total turbine-generator power capacity of 974 kWh, where the need for electrical energy for palm oil processing was 652 kWh. The potential amount of shells and fiber fuel was 9,450 kg/hour, and the calculation of boiler fuel needs was 6,198.93 kg/hour. From the results of the data analysis, it concluded that the utilization of shells and fibers as boiler fuel could produce electrical energy in meeting the needs of electrical energy in the palm oil processing process, and companies could save spending on electrical energy costs.

Keywords: Shell, Fiber, Boiler, Electrical Energy.



ABSTRAK

Lundu L. Simanullang NPM 178150116 “Analisa Pemanfaatan Cangkang Dan Serat (*Fibre*) Produksi CPO (*Crude Palm Oil*) Sebagai Bahan Alternatif Pembangkit Listrik Di PMKS PT. Sinar Gunung Sawit Raya (SGSR)”. Dibimbing Oleh Ibu Dr. Ir. Hj. Haniza, MT dan Ibu Nukhe Andri Silviana ST.,MT

Masalah yang terjadi di PT.Sinar Gunung Sawit Raya adalah kurangnya energi listrik dari PLN dan biaya listrik terlalu mahal yang mengakibatkan kekurangan energi listrik dan peningkatan biaya energi listrik. Penggunaan cangkang dan serat sebagai bahan bakar boiler merupakan suatu pilihan dalam menghasilkan uap sebagai penggerak turbin untuk energi listrik. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis pemanfaatan cangkang dan serat (*fibre*) produksi CPO (*crude palm oil*) sebagai bahan alternatif pembangkit listrik dan menganalisis kebutuhan energi listrik pada proses produksi CPO di PT. SGSR. Berdasarkan hasil pengolahan data, diperoleh bahwa PT. Sinar Gunung Sawit Raya memiliki sistem Pembangkit Listrik Tenaga Uap sendiri dengan kapasitas total daya turbin-generator sebesar 974 kWh, dimana kebutuhan energi listrik untuk proses pengolahan kelapa sawit sebesar 652 kWh. Potensi jumlah bahan bakar cangkang dan serat (*fibre*) sebesar 9450 kg/jam dan perhitungan kebutuhan bahan bakar boiler diketahui sebesar 6198.93 kg/jam. Dari hasil analisis data tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan cangkang dan serat (*fibre*) menjadi bahan bakar boiler dapat menghasilkan energi listrik yang mampu mencukupi kebutuhan energi listrik pada proses pengolahan kelapa sawit dan perusahaan dapat melakukan penghematan untuk pengeluaran biaya energi listrik.

Kata Kunci : Cangkang, Serat (*fibre*), Boiler, Energi Listrik.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang tak henti-hentinya memberikan segala kenikmatan dan rahmat kepada seluruh hamba-Nya. Dengan Rahmat dan Hidayah-Nya, skripsi yang berjudul “Analisa Pemanfaatan Cangkang Dan Serat(*Fibre*) Produksi CPO(*Crude Palm Oil*) Sebagai Bahan Alternatif Pembangkit Listrik di PMKS PT. Sinar Gunung Sawit Raya(SGSR)” dapat terselesaikan dengan baik.

Semua skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan skripsi pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Dalam penyelesaian penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Maka pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ayahanda Alm. Juniasi Simanullang, S.Pd, orang yang selalu memeberikan nasehat, doa, kerja keras, pengorbanan dan juga untuk ibunda Delilla Marlinda Pasribu, orang yang selalu mendoakan dan memberikan semangat kepada saya.
2. Bapak Dr. Rahmad Syah, S.Kom, M.Kom, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Ibu Nukhe Andri Silviana, ST, MT, selaku Ketua Program Studi dan Koordinator Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
4. Ibu Dr. Hj. Haniza, MT, selaku dosen pembimbing I
5. Ibu Nukhe Andri Silviana, ST, MT, selaku dosen pembimbing II
6. Seluruh dosen dan staff Fakultas Teknik yang telah banyak memberikan bantuan kepada penulis.

7. Terima kasih kepada kedua orang tua saya, dan saudara kandung CV. Wardensan Simanullang, Amd.Kom, Ayu Diarta Simanullang, S.Pd, Tiarmada Simanullang, Citrana Simanullang, Jabatan Simanullang, Berkat Simanullang dan kepada seluruh keluarga yang setiap saat memberikan doa, semangat dan motivasi.
8. Teman-teman stambuk 2017 Jurusan Teknik Industri yang memberikan dukungan, motivasi, doa maupun materi dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Manager dan staff PMKS PT.Sinar Gunung Sawit Raya yang turut membantu penulis dalam pelaksanaan penelitian skripsi ini.

Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada pihak-pihak yang telah memberikan dukungan secara langsung maupun tidak langsung. Penulis menyadari bahwa penulisan laporan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, untuk itu penulis mengharapkan kritik, saran dan masukan yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan di masa yang akan datang. Akhir kata semoga Laporan ini dapat digunakan sebagai mana mestinya dan dijadikan sebagai bahan pembelajaran, wawasan, dan ilmu yang baru bagi semua pihak serta khususnya bagi penulis sendiri.

Medan, 16 November 2022



Lundu L. Simanullang
178150116

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRACT	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1. Tanaman Kelapa Sawit.....	7
2.2. Cangkang (<i>shell</i>)	10
2.3. Serat (<i>fibre</i>)	10
2.4. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU).....	11
2.5. Boiler Pada Pabrik Kelapa Sawit.....	12

2.6. Bagian Utama Boiler	14
2.6.1. Ruang Bakar (<i>dapur/furnace</i>).....	15
2.6.2. Drum Atas (<i>upper drum</i>).....	15
2.6.3. <i>Header</i> Air Umpan.....	16
2.6.4. Header Up.....	16
2.6.5. Tube Air Pembangkit <u>U</u> ap (Genrating Bank).....	16
2.6.6. Pipa Air Turun (<i>Downcome Pipe</i>).....	17
2.6.7. Tube Header.....	17
2.6.8. <i>Multicyclon Dust Collector</i>	17
2.6.9. Cerobong Asap(<i>Chimmey</i>)	18
2.6.10. Ekonomiser.....	18
2.6.11. Pemanas Udara.....	18
2.6.12. Insulasi/ <i>Refractory</i>	18
2.6.13 Peralatan Pengisap Air.....	19
2.7. Bahan Bakar Boiler.....	19
2.8. Proses Konversi EnergiLimbah Padat Kelapa Sawit.....	20
2.9. Analisis Energi Listrik.....	22
2.10. Proses Pengolahan Kelapa Sawit PKS PT. Sinar Gunung Sawit	
Raya.....	24
2.10.1. Stasiun Penimbangan(<i>weight bridge</i>).....	25
2.10.2. Stasiun <i>Loading Ramp</i>	25
2.10.3. Stasiun Perebusan(<i>Station Strilizer</i>).....	26

2.10.4. Stasiun Penebahan(<i>Treshing Station</i>).....	27
2.10.5. Stasiun Kempa (<i>Press Station</i>).....	28
2.10.6. Stasiun Pemurnian Minyak(<i>Clarifikation Station</i>).....	29
2.10.7. Stasiun Pengolahan Biji(<i>Nut Plan Station</i>).....	30
2.11. Sarana Pendukung Pengolahan Produksi CPO PT. Sinar Gunung	
Sawit Raya	31
2.11.1. Stasiun Penyediaan Uap.....	32
2.11.2 Stasiun Kamar Mesin (<i>Power House</i>).....	32
2.11.3. Stasiun <i>Water Treatmen</i>	33
2.11.4. Stasiun <i>Demin Plant</i>	34
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	35
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	35
3.2. Jenis Penelitian	35
3.3. Objek Penelitian.....	35
3.4. Variabel Penelitian.....	36
3.5. Kerangka Berfikir.....	36
3.6. Metode Pengumpulan Data.....	37
3.7. Data Penelitian.....	38
3.8. Pengolahan Data.....	38
3.9. Langkah-langkah Penelitian.....	39

BAB IV PENGUMPULAN DAN ANALISA HASIL PENGOLAHAN

DATA.....	40
4.1 Pengumpulan Data Komposisi Bahan Bakar Biomassa.....	40
4.1.1 Data Nilai Komponen Bahan Bakar.....	40
4.1.2 Data Komposisi Kandungan Bahan Bakar.....	40
4.1.3 Data Jumlah Komposisi Kandungan Bahan Bakar.....	41
4.2 Data Bahan Bakar TBS.....	41
4.3 Data <i>Harga Bahan Bakar</i>	42
4.4 Data Pembangkit Tenaga Listrik.....	42
4.5 Data Output Daya Listrik Uap.....	43
4.6 Data Hasil Pengamatan Panel Listrik Utama.....	44
4.7 Analisa Hasil Pengolahan Data.....	45
4.7.1 Analisa Pemanfaatan Limbah Padat kelapa Sawit Sebagai Bahan AlternatifPembangkit Listrik (<i>Boiler</i>).....	45
4.7.2 Analisa Kebutuhan Listrik Pada Proses PengolahanKelapa Sawit.....	54
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	62
5.1 Kesimpulan.....	62
5.2 Saran.....	63

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Tanaman Kelapa Sawit	7
Gambar 2.2 Jenis Buah Kelapa Sawit.....	8
Gambar 2.3. Boiler dan Sirkulasi Air Pada Pip.....	14
Gambar 2.4. Proses Konversi Limbah Padat Kelapa Sawit Menjadi Energi Listrik dan energi Uap Panas	22
Gambar 2.5. Stasiun Timbangan(<i>weight bridge</i>).....	25
Gambar 2.6. <i>Loading Ramp</i>	25
Gambar 2.7. <i>Sterilizer</i>	27
Gambar 2.8. Stasiun Kempa.....	28
Gambar 2.9. Stasiun Pemurnian Minyak	30
Gambar 2.10. Stasiun Pengolahan Biji	31
Gambar 2.11 Stasiun <i>Demin Plant</i>	34
Gambar 3.1 Kerangka Berfikir	37
Gambar 3.2 Diagram Penelitian	39
Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Ketersediaan Bahan Bakar Terhadap Kebutuhan Bahan Bakar <i>Boiler</i>	51
Gambar 4.2 Proses Pengambilan Cangkang Dan Serabut Pada Buah Kelapa Sawit Di (PKS) PT.Sinar Gunung Sawit Raya	53
Gambar 4.3 Grafik Kebutuhan Energi Listrik Pada Proses Pengolahan Kelapa Sawit di (PKS) PT. Sinar Gunung Sawit Raya	59

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Nilai Kalor Komponen Bahan Bakar (<i>Blommendal</i>).....	40
Tabel 4.2 Komposisi Kandungan Bahan Bakar.....	41
Tabel 4.3 Jumlah Nilai Komposisi Kandungan Bahan Bakar	41
Tabel 4.4 Rendamen Terhadap TBS (<i>Material Balance</i>)	42
Tabel 4.5 Rendamen Terhadap TBS (<i>Material Balance</i>)	42
Tabel 4.6 Spesifikasi Mesin Pembangkit Tenaga Listrik.....	43
Tabel 4.7 <i>Output</i> Daya Beban Listrik Turbin Uap	43
Tabel 4.8 Tegangan, Cos ϕ , dan Arus Listrik Terukur Pada Panel. Listrik Utama.....	44
Tabel 4.9 Jumlah Potensi Produksi Cangkang Dan Serabut Berdasarkan Kapasitas Pengolahan Pabrik 45 Ton TBS/jam	46
Tabel 4.10 Kebutuhan Bahan Bakar <i>Boiler</i>	50
Tabel 4.11 Perbandingan Ketersediaan Bahan Bakar Terhadap Kebutuhan Bahan Bakar <i>Boiler</i>	50
Tabel 4.12 Daya Listrik Terukur Pada Panel Listrik Utama	56
Tabel 4.13 Persentase Kebutuhan Energi Listrik Terhadap Jumlah Kegiatan Pada Setiap Kegiatan Proses Pengolahan Kelapa Sawit di (PKS) PT. Sinar Gunung Sawit Raya.....	58
Tabel 4.14 <i>Output</i> Listrik Turbin Uap.....	59
Tabel 4.15 Perbandingan Kebutuhan Energi Listrik Terhadap Output Listrik Turbin Uap	60

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditi perkebunan yang cukup populer di masyarakat, karena menjanjikan keuntungan yang cukup besar serta biaya berkebun kelapa sawit lebih murah dan tidak rumit. Hampir di sebagian wilayah Indonesia terdapat lahan pertanian kelapa sawit, karena dapat tumbuh dengan baik di dataran tinggi maupun dataran rendah dan merupakan salah-satu tanaman penghasil minyak.

Dalam memenuhi energi listrik, pabrik kelapa sawit harus menyediakan beberapa hal penting untuk menghasilkan energi listrik tersebut. Dalam hal ini, ketersediannya bahan bakar menjadi hal utama yang terwujudnya kebutuhan energi listrik untuk proses pembangkitan daya listrik oleh pembangkit. Namun pabrik pengolahan kelapa sawit pada suatu waktu akan menghadapi masalah yang berhubungan dengan kekurangan bahan bakar.

PT. Sinar Gunung Sawit Raya merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang perkebunan. Saat ini berada pada posisi industri pertanian (*agroindustri*) yang mengolah tandan buah segar (TBS) menjadi *Crude Palm Oil* (CPO) *Palm Kernel* (PK). Pada PT. Sinar Gunung Sawit Raya sering terjadi masalah pada penggunaan boiler yang mengakibatkan kekurangan energi listrik karena pasakannya. Dimana PKS menggunakan listrik dari PLN terlalu mahal, maka cangkang dan serat digunakan sebagai bahan bakar boiler untuk menghasilkan uap dan tanpa uap pengolahan tidak dapat dilaksanakan. Kurang tersedianya uap dalam jumlah yang cukup, dapat menimbulkan serangkaian

reaksi yang akan mempengaruhi mutu dan jumlah produksi yang dihasilkan pabrik.

PMKS PT. Sinar Gunung Sawit Raya (SGSR) mempunyai kapasitas produksi 45 ton TBS/jam. Bahan bakar yang dihasilkan limbah padat kelapa sawit (LPKS) berupa cangkang sebesar 5850 kg/jam dan serabut sebesar 3600 kg/jam yang diperoleh dari hasil pembuangan pengolahan tandan buah segar (TBS) dan memanfaatkannya menjadi bahan bakar utama pada *boiler* untuk menghasilkan uap yang akan menggerakkan turbin uap dan menghasilkan daya listrik guna didistribusikan melalui instalasi listrik ke pabrik untuk proses pengolahan. Ini bertujuan untuk menekan biaya operasional pabrik dan mengurangi pencemaran lingkungan di areal pabrik maupun sekitarnya. Konsumsi bahan bakar *boiler* sebesar 25% cangkang dan 75% serabut atau pemakaiannya 1 : 3. Dalam proses pengolahan kelapa sawit di PMKS PT. Sinar Gunung Sawit Raya (SGSR) dibutuhkan energi listrik sebesar 651 kWh, sedangkan energi listrik yang dihasilkan turbin uap tidak selamanya mencukupi dalam pengolahan kelapa sawit. Kekurangan energi listrik dikarenakan produksi uap dari *boiler* tidak stabil (kurang) yang menyebabkan tidak dapat memutar turbin uap.

Dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai jumlah potensi pemanfaatan cangkang dan serat (*fibre*) sebagai bahan alternatif pembangkit listrik tenaga uap guna memenuhi kebutuhan energi listrik pada proses produksi CPO di PMKS PT. Sinar Gunung Sawit Raya.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka yang menjadi rumus masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Berapakah jumlah pasokan potensi limbah padat kelapa sawit di PT. Sinar Gunung Sawit Raya (SGSR) yang dapat dioptimalkan sebagai bahan alternatif boiler pada pembangkit listrik?
2. Berapakah jumlah konsumsi energi listrik pada proses produksi CPO di PT. Sinar Gunung Sawit Raya?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Membahas pemanfaatan cangkang dan serat sebagai bahan bakar pembangkit listrik tenaga uap untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di PT. Sinar Gunung Sawit Raya.
2. Kebutuhan energi listrik yang dibahas dalam penelitian hanya pada proses produksi CPO saja di PT. Sinar Gunung Sawit Raya.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk menganalisa jumlah potensi pemanfaatan cangkang dan serat sebagai bahan bakar pembangkit listrik tenaga uap di PT. Sinar Gunung Sawit Raya
2. Untuk menganalisa kebutuhan energi listrik pada proses produksi CPO di PT. Sinar Gunung Sawit Raya.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Bagi Penulis

Meningkatkan kompetensi mahasiswa mengobservasi, menganalisis dan mengevaluasi terhadap suatu permasalahan dengan menggunakan disiplin ilmu khususnya ilmu teknik industri di dalam perusahaan.

2. Bagi Perusahaan

Memberikan alternatif perbaikan guna meningkatkan daya saing perusahaan.

3. Bagi Universitas

Hasil penelitian dapat menjadi sumber referensi tambahan dalam bidang akademik dan menjalin hubungan kerja sama antara perusahaan dengan universitas.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada penulisan Skripsi ini sistematika penulisan disusun sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan mengenai referensi yang berkaitan dengan penelitian sebelumnya dan dasar teori yang dijadikan pendukung atau landasan dalam pengerjaan skripsi ini. Landasan teori akan memberikan gambaran secara umum dari penjabaran skripsi ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Menerangkan mengenai lokasi dilaksanakannya penelitian, jadwal penelitian, teknik pengambilan data penelitian, dan jalannya penelitian serta menganalisis sesuai dengan bagan alir yang telah dibuat.

BAB IV PENGUMPULAN DAN ANALISA HASIL PENGOLAHAN DATA

Pengumpulan dan Pengolahan Data dilakukan setelah keseluruhan data yang dibutuhkan terkumpul baik data primer maupun data sekunder terkumpul. Analisis data hasil survei lapangan yang telah dilakukan, membahas tentang jumlah potensi cangkang dan serat yang dimanfaatkan menjadi bahan bakar pembangkit listrik tenaga uap untuk memenuhi kebutuhan energi listrik pada proses pengolahan produksi CPO di PT.Sinar Gunung Sawit Raya.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Memuat kesimpulan dari seluruh hasil penelitian yang telah dilakukan, dan serta memuat saran-saran yang berhubungan dengan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Daftar pustaka berisikan tentang sumber-sumber yang digunakan dalam penelitian ini, baik itu berupa jurnal, buku, kutipan-kutipan dari internet ataupun dari sumber-sumber yang lainnya.

LAMPIRAN

Lampiran berisikan kelengkapan alat dan hal lain yang perlu dilampirkan atau ditunjukkan untuk memperjelas uraian dalam penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

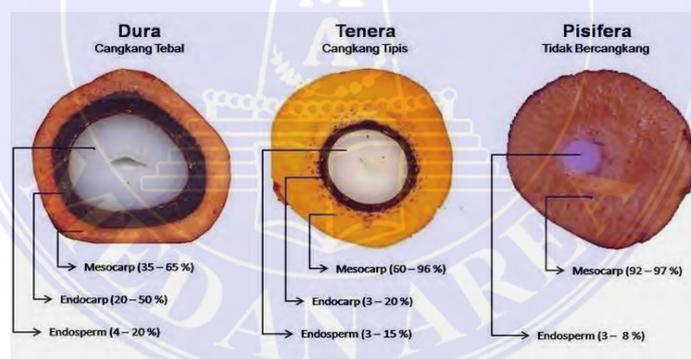
2.1 Tanaman kelapa sawit

Kelapa sawit merupakan tanaman dengan nilai ekonomis yang cukup tinggi, karena merupakan salah-satu tanaman penghasil minyak nabati. Biaya produksi yang murah, produksi per hektar yang tinggi, umur ekonomis yang panjang, resiko usaha kecil, persediaan yang cukup serta penggunaannya yang beraneka ragam sangat mengukuhkan daya saingnya dengan minyak nabati lainnya seperti kedelai, kelapa, biji bunga matahari, dan lain-lain. Kelapa sawit termasuk tumbuhan pohon, tingginya dapat mencapai 24 meter, bunga dan buahnya berupa tandan, serta bercabang banyak. Buahnya kecil dan apabila masak, berwarna merah kehitaman. Daging buahnya padat mengandung minyak yang digunakan sebagai bahan minyak goreng, sabun, dan lilin. Ampasnya dimanfaatkan untuk makanan ternak, khususnya sebagai salah satu bahan pembuatan makanan ayam dan tempurungnya digunakan sebagai bahan bakar dan arang. Tanaman kelapa sawit dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut ini:



Gambar 2.1 Tanaman Kalapa Sawit

Hampir sebagian besar tanaman kelapa sawit unggul untuk kepentingan komersial adalah berjenis *Tenera*. Dimana jenis tersebut dihasilkan dengan menyilangkan *Dura* dan *Psifera*. Sedangkan jenis sawit yang tidak unggul umumnya berjenis *Dura* atau *Psifera*. Jenis *Tenera* memiliki produksi dan rendeman tinggi, serta pengolahannya tidak merusak mesin. Sebaliknya untuk jenis *Dura* atau *Psifera*, produktivitas rendah, rendemen 16%, *palm kernel oil* (PKO) tidak dapat dimanfaatkan karena cangkang tidak dapat dipecahkan dan dapat merusak mesin pabrik. *Tenera* yang unggul tersebut hanya dihasilkan oleh sumber benih yang telah memiliki koleksi induk *Dura* dan *Psifera* terpilih. Sedangkan sawit asalan yang berjenis *Dura* atau *Psifera* umumnya dikumpulkan langsung dari kebun-kebun produksi. Jenis buah kelapa sawit dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut ini:



Gambar 2.2 Jenis Buah Kelapa Sawit

Dalam kegiatan operasional pengolahan tandan buah segar (TBS) di pabrik kelapa sawit, akan menghasilkan produk utama (*Main Produk*) berupa *Crude Palm Oil* (CPO) dan *Palm Kernel Oil* (PKO). Bagian yang diolah dari kelapa sawit adalah buah. Bagian daging buah menghasilkan minyak kelapa sawit mentah yang diolah menjadi menjadi bahan baku minyak goreng dan berbagai

jenis turunannya. Selain dari bagian serabut buah atau *mesokarp*, inti atau kernel buah juga dapat diolah menjadi minyak inti yang kemudian menjadi bahan baku minyak alkohol dan industri kosmetik.

Buah diproses dengan membuat lunak bagian daging buah dengan temperatur 90°C. Daging yang telah lunak dipaksa untuk berpisah dengan bagian inti dan cangkang dengan pressing pada mesin silinder berlubang. Daging inti dan cangkang dipisahkan dengan pemanasan dan teknik pressing. Setelah itu dialirkan ke dalam lumpur sehingga sisa cangkang akan turun ke bagian bawah lumpur. Sisa pengolahan buah sawit sangat potensial menjadi bahan campuran makanan ternak dan difermentasikan menjadi kompos. Tandan Buah Segar (TBS) dengan mutu yang baik akan menghasilkan:

- a. Minyak sebanyak 20 - 25%
- b. Inti (*kernel*)
- c. Tandan Kosong (*empty fruit bunch*) 20 - 22%
- d. Serat (*fiber*) 12 - 14%
- e. sebanyak 4 - 6%
- f. Cangkang (*shell*) 5 - 9%

Sedangkan buah berondolan akan menghasilkan:

- a) Minyak sebanyak 30 - 40%
- b) Biji (*nut*) 15 - 17%
- c) Serat (*fiber*) 14 - 30%
- d) Sampah 2 - 10%

2.2 Cangkang (*shell*)

Cangkang buah kelapa sawit merupakan turunan dari Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit yang kalau diolah dapat berfungsi sebagai bahan bakar untuk pengganti BBM. Biasanya cangkang ini digunakan untuk briket sejenis briket batubara. Cangkang sawit memiliki potensi yang cukup besar jika dimanfaatkan sebagai bahan bakar karena nilai kalor yang dimilikinya cukup tinggi, sekelas dengan batubara jenis lignit, (Effendi, 2008).

Cangkang merupakan limbah yang dihasilkan dari pemrosesan inti sawit dengan bentuk seperti tempurung kelapa, mempunyai kalor 3500 kkal/kg- 4100 kkal/kg. Hampir berbeda jauh dengan kelapa biasa pada umumnya, varinitas Sawit lebih memiliki kelebihan yang menonjol. Utamanya dalam industri produksi minyak Sawit yang kerap kali menghasilkan limbah berupa tumpukan cangkang buah. Parahnya lagi, penumpukan limbah produksi ini dibiarkan begitu saja. Sebagai solusinya, disini kita membutuhkan kreativitas brilian, yakni mengolah komoditas limbah menjadi sesuatu hal yang bernilai memiliki daya guna.

2.3. Serat (*Fibre*)

Serat (*fiber*), adalah limbah sawit yang dihasilkan dari hasil pengolahan pemerasan buah sawit pada saat proses kempa (*press*) yang berbentuk pendek seperti benang dan berwarna kuning kecoklatan. Setiap pengolahan 1 ton TBS menghasilkan 120 - 140 kg atau 12 - 14% dari hasil pengolahan TBS per ton. (Thomas B. Frickle 2009). Serat merupakan limbah sisa perasan buah sawit berupa serabut seperti benang. Bahan ini mengandung protein kasar sekitar 4%

dan serat kasar 36% (*lignin* 26%) serta mempunyai kalor 2637 kkal/kg-3998 kkal/kg. Serabut (*fibre*) kelapa sawit sebagai alternatif bahan bakar merupakan salah satu limbah padat yang dihasilkan dari pabrik kelapa sawit yakni ampas serabut 18 (*fibre*) yang diproduksi dari stasiun *fiber cyclone* setelah melewati proses ekstraksi melalui unit *screw press*.

Limbah kelapa sawit adalah sisa-sisa hasil tanaman kelapa sawit yang tidak termasuk dalam produk utama atau merupakan hasil ikutan dari proses pengolahan kelapa sawit baik berupa limbah padat maupun limbah cair. Limbah padat merupakan limbah yang paling banyak, yakni sekitar 35- 40% dari total TBS yang diolah dalam bentuk tandan buah kosong, serat, cangkang buah, abu bakar dan bungkil sawit. Jumlah tandan kosong yang dihasilkan setiap ton TBS yang diolah mencapai sekitar 23%, namun belum banyak dimanfaatkan dan pengelolaannya masih terbatas sebagai abu bakar dan mulsa tanaman. Sementara cangkang sawit yang memiliki bentuk seperti tempurung kelapa masih digunakan sebagai produk samping dari pada sebagai substitusi energi. Jika dibandingkan dengan batu bara, cangkang sawit memiliki kelebihan sebagai bahan bakar yang ramah terhadap lingkungan karena tidak mengandung sulfur sehingga tidak menghasilkan gas pencemar.

2.4 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

Pembangkit Listrik Tenaga Uap adalah suatu pembangkit yang menggunakan uap sebagai penggerak utama (*prime mover*). Untuk menghasilkan uap, maka haruslah ada proses pembakaran untuk memanaskan air. PLTU merupakan suatu sistem pembangkitan tenaga listrik yang mengkonversikan

energi kimia menjadi energi listrik dengan menggunakan uap air sebagai fluida kerjanya, yaitu dengan memanfaatkan energi kinetik uap untuk menggerakkan proses sudu-sudu turbin menggerakkan poros turbin, selanjutnya poros turbin akan menggerakkan generator yang kemudian dibangkitkan energi listrik.

Energi listrik yang dihasilkan akan disuplai ke alat-alat listrik yang disebut beban. Sistem kerja PLTU menggunakan bahan bakar minyak residu/(MFO) solar dan gas alam. Kelebihan dari PLTU adalah daya yang dihasilkan sangat besar. Konsumsi energi pada peralatan PLTU bersumber dari putaran turbin uap.

Turbin merupakan penggerak utama pada PLTU yang memutar generator, disamping itu ada juga sebagai penggerak pompa air pengisi. Dari konversi energi, turbin berfungsi sebagai pengubah energi potensial yang terkandung dalam uap menjadi energi kinetis dan mekanis. Makin besar ukuran/kapasitas turbin, efisiensinya makin lebih tinggi. Karena menggunakan uap dengan suhu dan tekanan tinggi, disamping karena kerugian-kerugian (*losses*) lebih rendah secara proposional.

2.5 Boiler Pada Pabrik Kelapa Sawit

Dalam pabrik kelapa sawit ketel uap (*Boiler*) merupakan jantung dari sebuah pabrik kelapa sawit. Dimana, ketel uap ini lah yang menjadi sumber tenaga dan sumber uap yang akan dipakai untuk mengolah kelapa sawit. Ketel uap merupakan suatu alat konversi energi yang merubah air menjadi uap dengan cara pemanasan dan panas yang dibutuhkan air untuk penguapan diperoleh dari pembakaran bahan bakar pada ruang bakar ketel uap. Uap (energi kalor) yang dihasilkan ketel uap dapat digunakan pada semua peralatan yang membutuhkan

uap di pabrik kelapa sawit, terutama turbin. Turbin disini adalah uap dimana sumber penggerak generatornya adalah uap yang dihasilkan dari ketel uap.

Selain turbin, alat lain di pabrik kelapa sawit yang membutuhkan uap seperti di *sterilizer* (alat untuk memasak TBS) dan stasiun pemurnian minyak (klarifikasi). Oleh karena itu kualitas uap yang dihasilkan harus sesuai dengan kebutuhan yang ada di pabrik kelapa sawit tersebut, karena jika tidak akan mengganggu proses pengolahan dipabrik kelapa sawit.

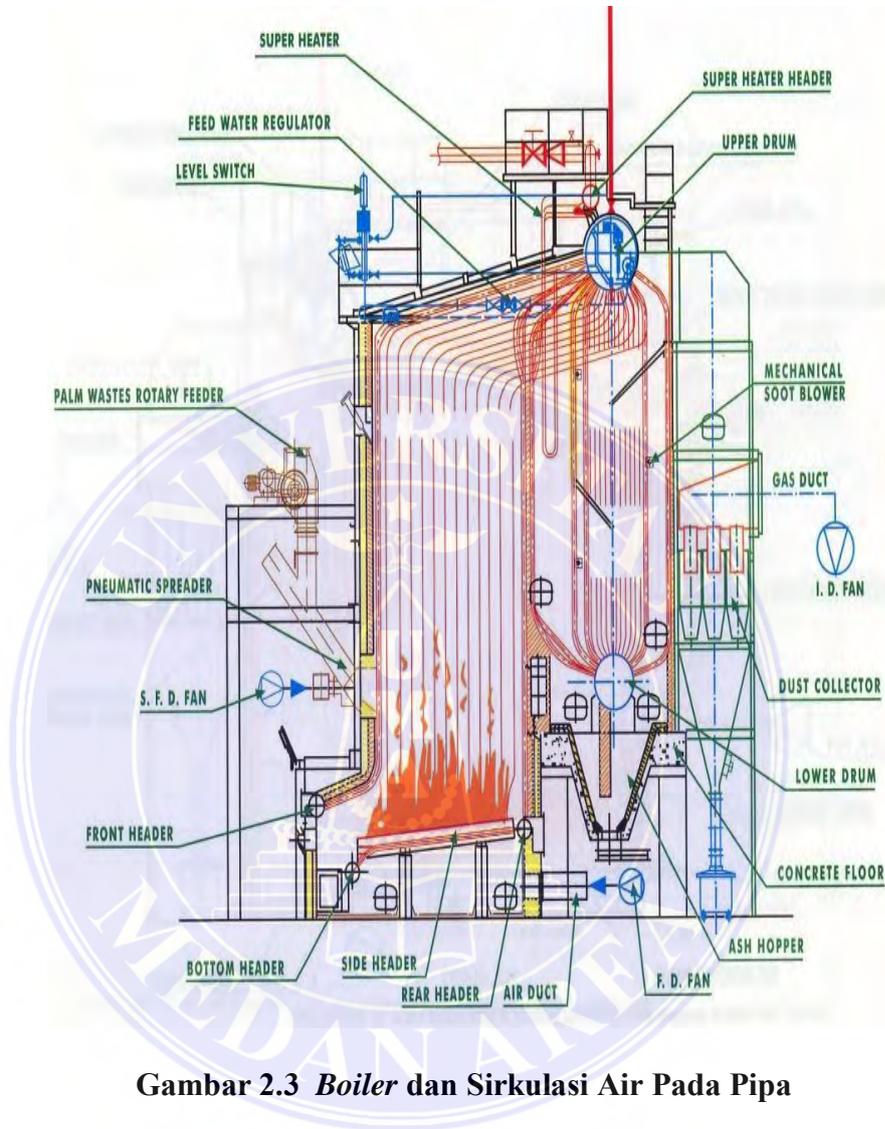
Sebagian besar ketel uap yang digunakan pada pabrik kelapa sawit adalah ketel uap yang menghasilkan uap *superheated*, dimana uap ini digunakan pertama kali untuk memutar turbin sebagai pembangkit tenaga listrik kemudian sisa uap dari pembangkit tersebut digunakan sebagai pemanasan TBS pada *sterilizer*. Menurut jenisnya ketel uap terbagi menjadi 2 bagian yaitu, ketel pipa air dan ketel pipa api. Ketel yang digunakan pada pabrik kelapa sawit adalah ketel pipa air, maksudnya adalah air berada didalam pipa dipanaskan oleh api yang berada diluar pipa air. Untuk menghitung kapasitas uap pada ketel uap yang dibutuhkan adalah :

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Uap} &= \text{Kapasitas Pabrik} \times \text{Kebutuhan uap ton/jam TBS} \\ &= 45\text{ton/jam} \times 0.6 \text{ ton/jam} \\ &= 27 \text{ ton uap/jam} \end{aligned}$$

Biasanya *boiler* yang digunakan di pabrik kelapa sawit memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Kapasitas uap : 20 ton/jam
2. Temperatur uap : 280 °C
3. Tekana uap : 20 kg/cm²
4. Temperatur air umpan : 90°C

- 5. Efisiensi ketel uap : 75 %
- 6. Pemakaian bahan bakar : 75% serat dan 25% cangkang



Gambar 2.3 Boiler dan Sirkulasi Air Pada Pipa

2.6. Bagian Utama Boiler

Boiler merupakan unit plant yang penting di industri, berfungsi mengubah air pada fasa cair ke fasa uap hingga dihasilkan uap kering yang digunakan untuk memutar turbin. Pada *boiler* terdapat beberapa alat/bagian utama. Adapun bagian-bagian utama *boiler* pada pabrik kelapa sawit adalah sebagai berikut:

2.6.1 Ruang Bakar (dapur/*furnace*)

Sebagai tempat pembakaran bahan bakar (cangkang dan serabut) untuk menghasilkan gas panas. Yang memiliki lantai (*fire gratee*) berupa susunan roster yang dibuka tutup dengan *pneumatic* atau model *fixed grate* mempunyai lubang-lubang (*deashing nozzle*) untuk tempat lewatnya udara pembakaran dari *Forced Draft Fan* (FD Fan). Lubang tidak boleh tumpat agar pembakaran dapat sempurna yang dilengkapi *firing door* pada bagian depan yang berfungsi untuk :

- a. Mengatur proses pembakaran
- b. Gumpalan abu, gumpalan kerak-kerak sisa pembakaran
- c. Jalan masuk untuk inspeksi dan perawatan

Ruang bakar dikelilingi oleh tube-tube air (*water wall*) untk menyerap panas untuk produksi steam.

2.6.2 *Drum* atas (*upper drum*)

Material drum biasanya terbuat dari *low carbon steel* dengan campuran (*chrome, vanadium, molybdenum*) untuk menghindari *elongation* yang berlebihan. Fungsi dari drum ini adalah:

- a. Menampung air umpan untuk didistribusikan ke pipa air untuk pembangkit steam.
- b. Menampung uap dari pipa pembangkit listrik dan setelah uap dan titik air dipisahkan dan pada drum selanjutnya uap di alirkan ke header ke turbin.

2.6.3 Header air umpan

Merupakan bejana baja berbentuk silinder dipasang di sekeliling dapur dan dibawah *fire grade* pada dinding depan *boiler*. Berfungsi untuk menampung air umpan dan selanjutnya didistribusikan ke pipa air pembangkit uap (*water wall*).

Header dilengkapi dengan:

- a. *Hand hole* untuk inspeksi dan perawatan
- b. Pipa *drain* untuk pembersihan kotoran-kotoran yang terakumulasi *header-blodown*.

2.6.4 Header up

Header uap berfungsi sebagai penampung uap dari pipa air pembangkit uap dan selanjutnya mendistribusikan ke drum uap (drum atas). Biasanya berbentuk bejana silinder, tetapi ada juga yang berbentuk persegi empat.

2.6.5 Tube air pembangkit uap (*Generating bank*)

Generating bank berfungsi mengubah air menjadi uap dengan pemanasan gas panas dari dapur/*furnace*. *Tube* air pembangkit uap dipasang di sekeliling ruang dapur (*water wall*) dan di atas ruang dapur. Untuk menambah kapasitas uap, *tube* air pembangkit uap ini juga dipasang di bagian sebelah belakang dapur. Susunan pemasangan *tube* di desain untuk dapat menerima panas semaksimal mungkin.

2.6.6 Pipa Air Turun (*Downcome Pipe*)

Pipa ini tidak mendapatkan pemanasan dari gas panas. Pipa memiliki fungsi untuk mengalirkan umpan *boiler* dari :

- a. Drum atas ke *header* (*macmir boiler*)
- b. Drum atas ke *header* bawah (*takuma boiler*)
- c. Drum bawah ke *header* (*takuma boiler*)

2.6.7 *Tube heater*

Berfungsi untuk menaikkan temperatur uap kering (*saturated steam*) sampai temperatur uap *superheat* ($280^{\circ}\text{C} - 300^{\circ}\text{C}$). *Tube superheater* berisi uap yang berasal dari drum atas lalu dipanaskan gas panas dan selanjutnya didistribusikan ke head uap untuk seterusnya digunakan oleh turbin. Biasanya berbelok-belok yang mana ujung awal dihubungkan dengan uap drum atas sedang ujungnya berhubungan dengan *header steam*. Material pipa terbuat dari *low carbon steel* dengan campuran *molybdenum*.

2.6.8 *Multicyclone dust collector*

Berfungsi untuk menangkap abu yang terbawagas panas agar langsung terbang ke udara. Terdiri dari susunan *cone* yang akan menangkap abu berdasarkan prinsip gaya sentrifugal dimana abun yang lebih berat akan jatuh ke bawah dan gas panas akan dibuang ke cerobong. Abu yang ditangkap akan turun ke *hopper* dan penurunan ke bak penampung di atur oleh *rotary valve*.

2.6.9 Cerobong asap (*Chimney*)

Berfungsi untuk membuang gas sisa pembakaran dan menurunkan suhu gas panas dari dapur(1000°C) tersebut sebelum dibuang ke udara (250°C-300°C).

2.6.10 Ekonomiser

Berfungsi untuk menaikkan temperatur air umpan dengan memanfaatkan sisa gas panas yang dialirkan melauai *exchanger* dan air umpan *boiler* dialirkan melalui peralatan ini. Keuntungan dari ekonomiser adalah:

- a. Mengurangi tenggangan bolier pada saat air umpan dimasukkan (mengurangi perbedaan temperatur air umpan dengan air pda drum *boiler*).
- b. Meningkatkan efisiensi *boiler*
- c. Pemakain bahan bakar yang lebih efisien

2.6.11 Pemanas Udara (*Air Heater*)

Berfungsi untuk menaikkan temperatur pembakaran pada dapur *boiler*. Sisa gas panas dari ekonomiser kemudian dilakukan lagi melalui *heat exchanger* (penukar panas) yang dipasangkan pada *ducting force draft fan* (FD Fan) untuk menaikkan temperatur udara pembakaran yang dihebuskan pada dapur.

2.6.12 Insulasi/Refractory

Berfungsi untuk mengurangi panas yang hilang yang disebabkan tingginya temperatur pada dapur boiler ($\pm 1200^{\circ}\text{C}$) serta menjaga keamanan lingkungan dan efisiensi boiler. Material *refractory* terbuat dari bahan *castable/ramable* digunak-

an diantara pipa dan dikunci/dikuatkan dengan *stud*.

2.6.13 Peralatan pengisap air dan uap

a. *Dry pipe*

Uap masuk secara tangensial, karena air lebih berat dari uap, pemisahan terjadi oleh gaya sentrifugal.

b. *Chevron drier*

Saat steam masuk, air yang ikut akan mengenai *plate* beralur dan mengalir kebawah.

c. *Cyclon seperator*

Uap dimasukkan ke beberapa *cyclon* secara tangensial sehingga akibat kecepatan aliran air terpisah disebabkan gaya sentrifugal

2.7 Bahan Bakar Boiler

Agar kualitas uap yang dihasilkan dari ketel uap sesuai dengan yang diinginkan/dibutuhkan maka dibutuhkan sejumlah panas untuk menguapkan air tersebut, dimana panas tersebut diperoleh dari pembakaran bahan bakar di ruang bakar ketel. Untuk mendapatkan pembakaran yang sempurna didalam ketel maka diperlukan beberapa syarat, yaitu:

- a. Perbandingan pemakaian bahan bakar harus sesuai (cangkang dan serat)
- b. Udara yang dipakai harus mencukupi
- c. Waktu yang diperlukan untuk proses pembakaran harus cukup
- d. Panas yang cukup untuk memulai pembakaran
- e. Kerapatan yang cukup untuk merambatkan nyala api

Dalam hal ini bahan bakar yang digunakan adalah serabut dan cangkang, adapun alasan mengapa digunakan serabut dan cangkang sebagai bahan bakar adalah:

- a. Bahan bakar cangkang dan serat cukup tersedia dan mudah diperoleh dipabrik.
- b. Harga lebih ekonomis
- c. Cangkang dan serat adalah limbah pabrik kelapa sawit apabila tidak digunakan
- d. Nilai kalor cangkang dan serat yang digunakan memenuhi persyaratan untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan
- e. Sisa pembakaran dapat digunakan untuk sebagai pupuk untuk tanaman kelapa sawit

2.8 Proses Konversi Energi Limbah Padat Kelapa Sawit

Untuk memperoleh energi listrik terdapat tahapan-tahapan dari sumber bahan bakar menjadi energi listrik. Dari Gambar 2.4 terlihat bahwa cangkang dan serabut dimasukkan ke dalam ruang bakar digunakan sebagai bahan bakar untuk memanaskan ketel uap sehingga menghasilkan uap yang betekanan tinggi.

Ketel uap yang digunakan dalam proses pembakaran limbah ini adalah tipe khusus yang menggunakan sistem *grate*. Berbeda dengan bahan bakar lain yang tidak menggunakan sistem *grate*. Cangkang dan serabut ini dalam penggunaannya menggunakan 25% cangkang dan serabut 75%, hal ini dikarenakan spesifikasi boiler. Bila penggunaannya tidak sesuai maka akan merusak *grate*-nya. Setelah dari pembakaran cangkang dan serabut akan memanaskan air sehingga

menghasilkan uap. Uap yang bertekanan tinggi dari *boiler* (20 kg/cm^2 280°C) mengalir melalui *nozzle* yang sekaligus mengurangi tekanan uap sampai menjadi bertekanan (19 kg/cm^2 260°C) diatur dengan efisiensi 85%. Poros turbin berputar dengan kecepatan yang cukup tinggi direduksi kecepatan putarnya oleh *reduction gear* yang dipasang antara turbin dan generator sehingga diperoleh sinkronisasi kecepatan antara turbin dan generator. Dan karena generator berputar maka akan menimbulkan medan magnet listrik sehingga akan membangkitkan tenaga listrik.

Cangkang dan Serat mempunyai kalor 3890 kkal/kg dan 2309 kkal/kg . Hasil sisa pembakaran dari cangkang dan serat yaitu *ash* (debu) dibuang. Debu hasil sisa pada pembakaran cangkang dan serat ini masih banyak mengandung kalori yang saat ini sedang diteliti untuk dipergunakan menjadi pupuk, dimana abu hasil pembakaran cangkang dan serabut mengandung hara $\text{P} = 1,74 - 2,61 \%$, $\text{K} = 16,6 - 24,9\%$, dan $\text{Ca} = 7,1\%$ (Indra Permata Kusuma, 2011).

Keterangan:

P = Fosfor

K = Kalium

Ca = Kalsium

Proses konversi limbah padat kelapa sawit menjadi energi listrik dan energi uap panas pada gambar 2.4 berikut ini:

bentuk energi tidak langsung adalah energi yang dibutuhkan untuk memproduksi bibit tanaman, pupuk, pestisida, bahan-bahan lainnya yang berhubungan dengan proses produksi untuk memproduksi peralatan dan mesin. Energi yang sering digunakan dalam bidang industri adalah energi listrik.

Hal ini dikarenakan energi listrik memiliki keunggulan sebagai berikut :

- a. Efisiensi tinggi
- b. Peralatan penggerak lebih kecil
- c. Mudah instalasinya
- d. Putaran lebih mudah diatur

Analisis energi listrik bertujuan untuk menghitung nilai energi listrik yang digunakan dalam setiap tahap di dalam suatu sistem produksi secara keseluruhan. Analisis tersebut dapat digunakan untuk memahami dan memperbaiki bagaimana, dimana, dan bila energi listrik digunakan secara efektif dan efisien.

Pelaksanaan metode analisis proses di pabrik kelapa sawit mencakup analisis energi listrik keseluruhan yaitu sejak penerimaan bahan baku hingga proses pengolahan atau sejak proses penerimaan tandan buah segar (TBS) di pabrik hingga proses pengolahan minyak sawit (CPO). Dengan analisis ini diharapkan akan mendapat gambaran seberapa jauh pemakaian energi listrik per kilogram *output* (intensitas energi).

Selain itu, analisis proses akan dapat memberikan aliran energi listrik berdasarkan tahapan proses, sehingga memungkinkan untuk mengetahui adanya pemborosan energi listrik pada tahap tertentu. Hal ini sangat penting dalam membantu usaha penghematan energi listrik dan menghasilkan proses produksi yang hemat energi listrik.

Secara umum energi listrik didekati dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$EL = \frac{P \times E_{fm} \times P_f}{M}$$

Dimana :

EL = Energi listrik yang digunakan (kJ/kg)

P = Daya peralatan/motor (kW)

E_{fm} = Faktor Efisiensi (%)

P_f = Faktor Daya (%)

M = Kapasitas produksi (kg/jam)

Sedangkan untuk menghitung daya listrik (fasa tiga) digunakan rumus:

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi$$

Dimana :

P = Daya listrik (kwh)

V = Tegangan (volt)

I = Arus (ampere)

cos ϕ = Faktor daya

2.10. Proses Pengolahan kelapa sawit PKS PT. Sinar Gunung Sawit Raya

Proses pengolahan kelapa sawit melewati beberapa tahap agar diperoleh minyak sawit berkualitas baik. Tahap-tahap tersebut meliputi beberapa stasiun yaitu:

2.10.1 Stasiun Penimbangan (*Weight Bridge*)

Jembatan timbang merupakan alat untuk mengukur berat yang di lengkapi dengan *platform* dan *load cell* sebagai sensor terhadap gaya berat (analog) yang diberikan dan mengirimkannya ke *Avery weight* dan selanjutnya dikonversikan kedalam satuan berat (*digital*). Stasiun timbangan (*weight bridge*) dapat dilihat pada gambar sebagai berikut:



Gambar 2.5 Stasiun Timbangan(*weight bridge*)

2.10.2 Stasiun Loading Ramp

Loading ramp merupakan tempat penimbunan sementara TBS sebelum TBS dipindahkan ke lori rebusan. Atau untuk memindahkan tandan buah segar atau TBS dari angkutan TBS ke penampungan buah sampai kepersiapan rebusan pada stasiun *sterilize*. *Loading ramp* dapat dilihat pada gambar sebagai berikut :



Gambar 2.6 Loading Ramp

2.10.3. Stasiun Perebusan (*Station Strilizer*)

Ketel rebusan adalah bejana uap yang digunakan untuk merebus buah, untuk menjaga tekanan dalam rebusan tidak melebihi tekanan kerja yang diinginkan, rebusan diberi katup pengaman (*safetyvalve*) PMKS PT. Sinar Gunung Sawit Raya memiliki dua unit *sterilizer* tipe *horizontal double door*, dengan kapasitas setiap unitnya enam lori dengan tekanan kerja mencapai 2.8 – 3.0 kg/cm². Dengan menggunakan uap jenuh bekas turbin yang dilewatkan melalui BPV.

$$\begin{aligned} \text{Rumus Kapasitas Olah} & : \frac{\text{kapasitas lori} \times \text{jumlah lori} \times \text{jumlah sterilizer} \times 60 \text{ menit}}{\text{siklus rebusan}} \\ & : \frac{7.5 \text{ ton} \times 6 \times 2 \times 60 \text{ menit}}{120 \text{ menit}} \\ & : 45 \text{ ton/jam} \end{aligned}$$

Keterangan

Jumlah Sterilizer : Jumlah rebusan yang digunakan dalam proses

Jumlah lori : Jumlah lori dalam satu bejana rebusan (sterilizer)

Kapasitas lori : Jumlah isian lori rebusan (7.5 ton/lori)

Jumlah lori 1 jam : (60/waktu angkat hostingcrane)

Siklus rebusan : Lamanya waktu merebus dalam sekali rebusan

Tekanan pada sistem perebusan 3 puncak adalah:

1. Puncak Pertama : 2,0 – 2,5 kg/cm²
2. Puncak Kedua : 2,5 – 3,0 kg/cm²
3. Puncak Ketiga : ± 3,0 kg/cm²

Stasiun *Sterilizer* dapat dilihat pada gambar sebagai berikut :



Gambar 2.7 Stasiun Strilizer

2.10.4 Stasiun Penebahan (*Threshing Station*)

Penebahan merupakan stasiun pemisah berondolan dengan janjang kosong. Ketidak sempurnaan proses dalam stasiun ini akan mempengaruhi efisiensi pabrik. Alat ini digunakan untuk melepas dan memisahkan buah dari tandan dengan cara sebagai berikut : Buah dari pengisi otomatis masuk kedalam drum yang berputar (23 rpm), dan dengan bantuan sudu sudu yang ada didalam drum, buah terangkat ke atas dan jatuh terbang sehingga buah dan berondolan dari tandan melalui kisi-kisi drum buah masuk kedalam *conveyor (bottom fruit conveyor)* janjang kosong terdorong keluar dan masuk kedalam *conveyor* janjang kosong *horizontal empty bunch conveyor* (HEBC). Proses penebah terdiri dari :

1. Pengisi otomatis (*Automatic feeder*)
2. Penebah (*Thresher*)
3. Conveyor tandan kosong (*Empty bunch conveyor*)
4. Conveyor buah (*fruit conveyor*)
5. Timba buah (*Fruit elevator*)

2.10.5 Stasiun kempa (*Press Station*)

Untuk memisahkan minyak kasar (*crude oil*) dari daging buah /*pericarper*. PMKS PT. Sinar Gunung Sawit Raya memiliki empat unit *screw press* dengan kapasitas olahnya 15 ton/jam dan tekanan pressnya 35-60 kg/cm². Pressan merupakan pengumpanan terhadap berondolan yang telah dilumatkan dalam *digester* untuk mengeluarkan minyak kasar (*crude oil*) dari massa adukan pada tekanan hidrolik pada akumulator 40–50 bar (sesuai dengan kemasakan buah).

Stasiun Kempa(*Press Station*) dapat dilihat pada gambar sebagai berikut :



Gambar 2.8 Stasiun Kempa

Masa yang keluar dari ketel adukan melalui, *feeder screw* bagi kempa yang memakainya (sebagianminyak keluar) masukdalam *main screw* untuk dikempa lebih lanjut. Minyak yang keluar dari *feed screw* dan *main screw* akan ditampung dalam talang minyak(*oil gutter*). Untuk mempermudah pemisahan dan pengaliran minyak pada *feeder screw* dilakukan injeksi uap dan penambahan *air dilution*

2.10.6 Stasiun Pemurnian Minyak (*Clarification station*)

Stasiun pemurnian minyak berfungsi untuk memisahkan minyak dengan kotoran serta unsur-unsur yang mengurangi kualitas minyak dan mengupayakan kehilangan minyak seminimal mungkin.

Hal ini berarti terdapat prinsip-prinsip perlakuan untuk memisahkan antara minyak dan non-minyak. Agar pemisahan tersebut dapat terjadi dengan sempurna, maka proses dilakukan secara bertahap mulai dari *stand trap tank* sampai ke *vacuum dryer*. Disamping itu, *sludge* dari CST diproses melalui *sludge tank* sampai ke *decanting basin*/bak masin.

Pada stasiun ini terdiri dari beberapa unit alat pengolah untuk memurnikan minyak produksi, yang meliputi :

1. *Sand trap tank*
2. *Vibrating screen*
3. *Crude oil tank*
4. *Continous settling tank (CST)*
5. *Oil tank*
6. *Purifer*
7. *Vacum dryer*
8. *Sludge oil tank*
9. *Sludge vibrating screen*
10. *Sludge centrifuge*
11. *Fat fit*
12. *Stronge tank*

Stasiun Permurnian minyak (*Clarification Station*) dapat dilihat pada gambar sebagai berikut:



Gambar 2.9 Stasiun Pemurnian Minyak

2.10.7 Stasiun Pengolahan Biji (*Nut Plan Station*)

Campuran ampas atau serabut (*fiber*) dan biji (*nut*) yang keluar dari *screw press* diproses kembali untuk menghasilkan cangkang (*shell*) dan serabut (*fiber*) yang digunakan sebagai bahan bakar *boiler* dan inti sawit (*kernel*) sebagai bahan baku yang siap dipasarkan. Bahan baku ini (*kernel*) akan diproduksi lebih lanjut menjadi PKO (*Palm Kernel Oil*).

Kernel recovery meliputi aspek kegiatan pemecahan biji, pemisahan kernel dari cangkang, pengeringan serta penyimpanan *kernel*. Pada stasiun ini dilakukan aktifitas pemisahan serabut dari biji, pemisahan inti dari cangkangnya dan juga pengeringan inti. Tahapan-tahapan proses pada stasiun pemecah biji (*kernel*) adalah :

1. *Cake brake conveyer*
2. *Depericarper*

3. *Nut Polishing drum*
4. *Nut transport*
5. *Nut silo*
6. *Nut grading drum*
7. *Ripple mill dan craker*
8. *LTDS (light tenera dust seperation)*
9. *Kernel grading drum*
10. *Claybath*
11. *Kernel silo*
12. *Kernel stronge*

Stasiun Pengolahan Biji(*Nut Plan Station*) dapat dilihat pada gambar sebagai berikut:



Gambar 2.10 Stasiun Pengolahan Biji

2.11 Sarana Pendukung Pengolahan Produksi CPO PT. Sinar Gunung Sawit Raya

Sarana pendukung adalah sarana yang diperlukan untuk memperlancar jalannya proses produksi PT. Sinar Gunung Sawit Raya. sarana pendukungnya adalah stasiun penyediaan uap (*boiler*), stasiun kamar mesin (*power plant*),

pembangkit tenaga listrik(*steam engine*),stasiun penyediaan air(*water treatment & demin plant*).

2.11.1 Stasiun Penyediaan Uap (*Boiler*)

Stasiun ketel uap (*boiler*) merupakan sumber energi uap yang akan untuk menggerakkan mesin-mesin pada pabrik. Sistem yang digunakan terdiri dari sistem air umpan, sistem *steam*, dan sistem bahan bakar. Sistem yang digunakan terdiri dari sistem air umpan, sistem *steam*, dan sistem bahan bakar. Kapasitas uap *boiler* adalah 27 ton uap/jam, kapasitas air umpan 20 ton/jam, dan kapasitas uap produksi 18 – 19 ton uap/jam.

Bahan bakar menggunakan limbah padat hasil pengolahan kelapa sawit yaitu cangkang dan serabut. Jenis ketel uap yang digunakan adalah jenis ketel uap pipa air (*boiler water tube*) dimana air yang di panaskan berada dalam pipa dan berubah menjadi uap (*steam*) secara terus menerus. sedangkan gas panas hasil pembakaran mengalir melalui sela-sela pipa.

2.11.2 Stasiun Kamar Mesin (*Power House*)

Didalam kamar mesin terdapat mesin pembangkit energi listrik atau power plant yang merupakan bagian stasiun pusat tenaga dimana tenaga listrik diperoleh, pembangkit listrik tenaga *diesel* yang mempunyai bahan bakar solar dan pembangkit listrik tenaga uap (turbin uap) yang menggunakan uap sebagai tenaga penggerak.

2.11.3 Stasiun *Water Treatman*

Untuk memenuhi standar kegiatan pabrik terutama air untuk boiler harus memenuhi standar tertentu untuk menghindari sifat korosi. Korosi yang terjadi pada boiler disebabkan terutama oleh pH dan oksigen. Oleh karena pH harus dipertahankan pada nilai 10,5 – 11,5 pH. Pengurangan oksigen dilakukan dengan proses *deaerisi* yang efektif dan bahan kimia yang digunakan untuk mengendalikan oksigen adalah *sulphite*. Pengendalian korosi di boiler dilakukan dengan menggunakan bahan kimia (*sludge conditioner*).

Proses pengolahan air mencakup pengoperasian, penjernihan, penyaringan, dan pelunakan. Proses pengolahan air akan didistribusikan untuk air domestik, yaitu air yang digunakan di kegiatan pabrik dan pemukiman penduduk (karyawan). Dalam *water treatment* dikenal dengan istilah *internal water treatment* yaitu proses pengolahan air untuk memenuhi operasional pabrik.

Proses pengolahan air terdiri dari :

1. *Internal water treatman*
 - a. *Water clarifer tank*
 - b. *Bak water basin*
 - c. *Sand filter*
 - d. *Menara air*
2. *Eksternal water treatman*
 - a. *Raw water treatman*
 - b. *Sendimentasi*
 - c. *Floculation dan coagulation*
 - d. *Filtration*

e. *Demineralition*

f. *Deaerator*

2.11.4 *Stasiun Demin Plant*

Demint plant adalah stasiun yang berfungsi untuk memurnikan air dari mineral-mineral yang terdiri dari *Anion Exchanger* dan *Cation Exchanger*. *Anion Exchanger* berfungsi untuk menukar garam terhadap *hidrolisis*, sedangkan *Cation Exchanger* berfungsi untuk menukar mineral-mineral terhadap asam.

Stasiun pemurnian air (*Station Demin Plant*) dapat dilihat pada gambar sebagai berikut:



Gambar 2.11 *Stasiun Demin Plant*

Fasilitas yang terdapat pada stasiun *demin plant* adalah:

a. *Cation tank*

b. *Anion tank*

c. *Boiler feed water tank*

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan sejak 25 Mei 2022 s/d 25 Juni 2022 di PMKS PT. Sinar Gunung Sawit Raya yang terletak di Jl. Barus-Manduamas, Desa SP 1, Kecamatan Sirandorong, Kabupaten Tapanuli Tengah, Provinsi Sumatera Utara

3.2 Jenis Penelitian

Metode penelitian pada dasarnya merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu. Untuk mencapai tujuan yang diperlukan dibutuhkan metode yang relevan untuk mencapai tujuan yang diinginkan (Sugiyono, 2009).

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian deskriptif, Penelitian yang dilakukan untuk mengetahui keberadaan nilai variabel mandiri, baik satu variabel atau lebih (independen) tanpa membuat perbandingan atau menghubungkan dengan variabel lain(Sugiyono, 2009).

3.3 Objek Penelitian

Objek yang diamati adalah menganalisa pemanfaatan cangkang dan serat produksi *Crude Palm Oil* (CPO) sebagai bahan alternatif pembangkit listrik di PT. Sinar Gunung Sawit Raya.

3.4 Variabel Penelitian

Variabel adalah segala sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian ditarik kesimpulannya,(Syugiyono,2009). Adapun variabel-variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel Independen. (variabel bebas)

Variabel independen adalah variabel yang mempengaruhi dan menjadi sebab perubahan atau timbulnya variabel terikat. Variabel independen pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Cangkang
- b. Serabut (*Fibre*)

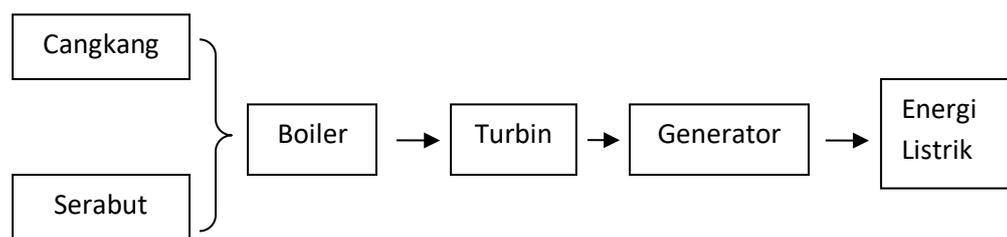
2. Variabel Dependen. (variabel terikat)

Variabel dependen adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat dari variabel independen. Variabel independen pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Energi Listrik.

3.5 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir adalah suatu hubungan atau kaitan antara konsep yang satu terhadap konsep yang lainnya dari masalah yang ingin diteliti. Kerangka konseptual ini berguna untuk menghubungkan atau menjelaskan secara panjang tentang suatu topik yang akan dibahas Kerangka berpikir penelitian dapat dilihat pada berikut :



Gambar 3.1 Kerangka Berfikir

Kerangka berfikir diatas menjelaskan bahwa energi listrik di PT. Sinar Gunung Sawit Raya masih kekurangan energi listrik. Dalam penelitian ini yang mempengaruhi energi listrik adalah cangkang,serabut,boiler,generator. Cangkang dan serabut sebagai bahan bakar untuk boiler (ketel uap). Dimana *boiler* merupakan suatu peralatan yang dioperasikan agar memproduksi uap panas yang kemudian dapat digunakan sebagai tenaga penggerak, alat pemanas, pembersih, penguap cairan dan kegunaan lainnya, uap jenuh yang dihasilkan difungsikan untuk memutar sudu-sudu turbin yang dapat menghasilkan daya listrik, daya listrik yang dihasilkan di simpan dalam panel induk untuk dapat didistribusikan pada panel distribusi

3.6 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Wawancara.

Melakukan tanya jawab dan diskusi tentang hal yang berhubungan dengan penelitian dengan pimpinan atau karyawan perusahaan terutama karyawan yang bekerja di lapangan.

2. Observasi Langsung

Melakukan pengamatan dan penelitian langsung di lapangan, yaitu melakukan pengamatan dan penelitian terhadap pemanfaatan cangkang dan serat *Crude Palm Oil* (CPO) sebagai bahan alternatif pembangkit listrik.

3. Riset/Pengumpulan Data Tertulis

Riset dilakukan untuk pengambilan data yang dibutuhkan guna melengkapi data dari penulisan laporan tugas akhir. Pengambilan data dilakukan guna memenuhi tujuan dan manfaat dari penelitian ini.

3.7 Data Penelitian

Data yang dianalisis adalah data komposisi bahan bakar cangkang atau serat(biomasa), data rendemen terhadap TBS (material balance), data bahan bakar, data pembangkit tenaga listrik, data *output* daya listrik turbin uap, dan data hasil pengamatan panel listrik utama. Data-data tersebut didapat dari pengambilan data di (PKS) PT. Sinar Gunung Sawit Raya dan data sekunder (literatur, jurnal, dan media elektronik).

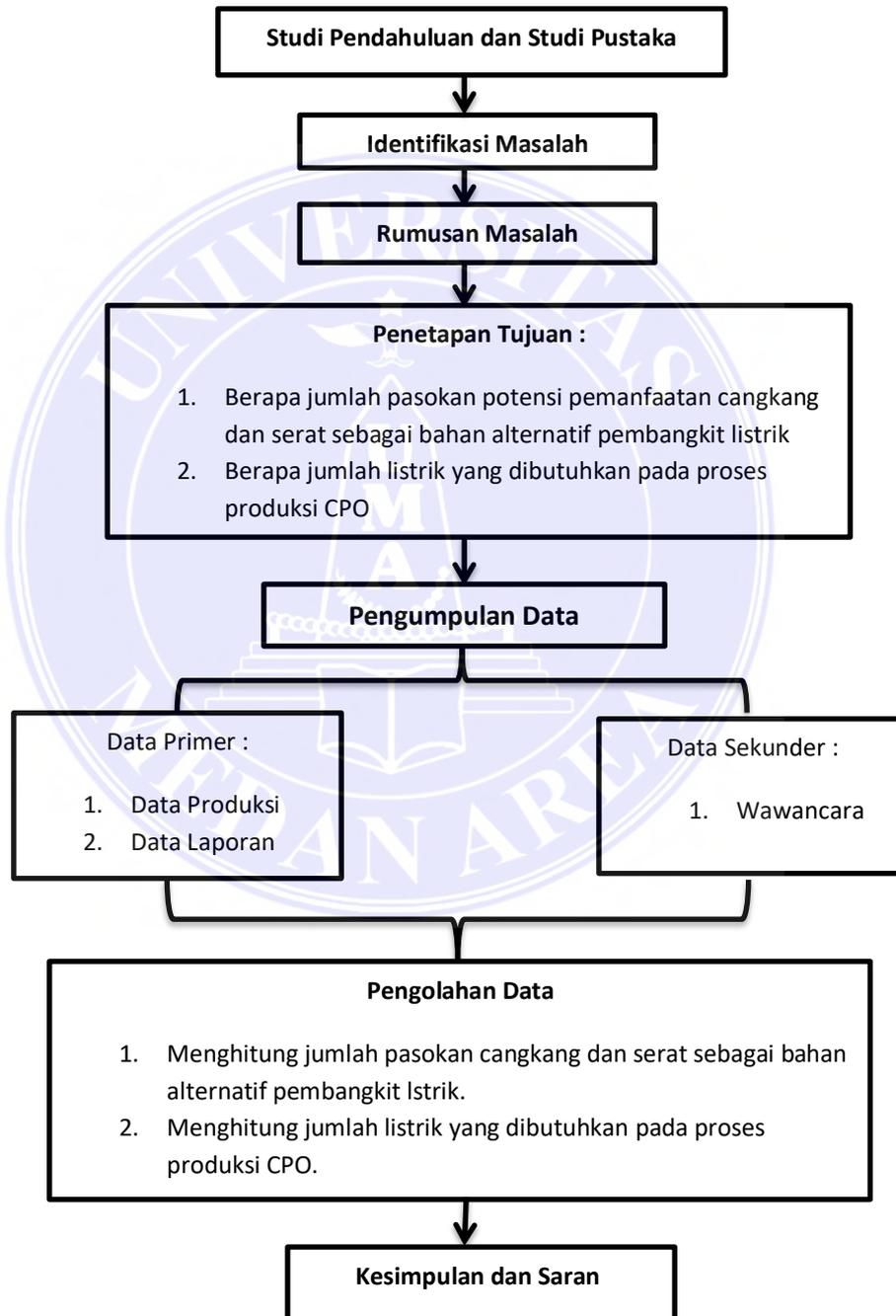
3.8 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan setelah keseluruhan data yang dibutuhkan terkumpul, dimana rinciannya dapat dilihat sebagai berikut:

1. Menghitung jumlah pasokan cangkang dan serat *crude palm oil* (CPO) sebagai bahan alternatif pembangkit listrik.
2. Menghitung jumlah listrik yang dibutuhkan pada proses produksi CPO (*Crude Palm Oil*).

3.9 Langkah-Langkah Penelitian

Dalam tahapan penelitian direncanakan cara atau prosedur beserta langkah-langkah yang jelas dan disusun secara sistematis dalam proses penelitian. Langkah-langkah dalam melaksanakan penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3.2 Diagram Penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisa data yang telah dilakukan dalam penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. (PKS) PT. Sinar Gunung Sawit Raya memanfaatkan LPKS berupa ampas serabut (*fiber*) & cangkang (*shell*) sebagai bahan bakar pada stasiun *boiler* sehingga menghasilkan uap guna pembangkitan tenaga listrik untuk menggerakkan mesin-mesin pabrik pada proses pengolahan kelapa sawit. Sedangkan potensi jumlah bahan bakar yang dihasilkan dari LPKS dengan kapasitas pabrik 45 ton TBS/jam sebesar 9450 kg/jam, dan kebutuhan bahan bakar *boiler* yang digunakan sebesar 6198.94 kg/jam, maka kelebihan bahan bakar cangkang dan serabut sebesar 3251.06kg/jam.
2. Total energi tersedia/jam sebesar 27.508.050kkal/jam dan kebutuhan energi bahan bakar/jam boiler yang digunakan sebesar 16.763.452,5 kkal/jam, maka sisa energi bahan bakar/jam sebesar 10.744.597,5kkal/jam
3. Total *output* energi listrik dari turbin uap sebesar 974 kWh, sedangkan kebutuhan energi listrik sebesar 651.14 kWh, maka dapat disimpulkan bahwa kebutuhan energi listrik pada proses pengolahan kelapa sawit di (PKS) PT. Sinar Gunung Sawit Raya sudah terpenuhi (cukup).

5.2 Saran

Berdasarkan pengamatan dalam penelitian ini, dapat diajukan beberapa saran yaitu:

1. Untuk lebih menekan biaya operasional pabrik, maka disarankan untuk penggunaan turbin uap lebih dimaksimalkan agar penggunaan genset atau listrik PLN tidak terlalu sering digunakan.
2. Disarankan PT. Sinar Gunung Sawit Raya lebih meningkatkan produksi kelapa sawit (TBS) untuk di PKS dan tidak tergantung kepada produksi kelapa sawit dari pihak lain agar kegiatan pengolahan kelapa sawit tetap lancar.
3. Disarankan PT. Sinar Gunung Sawit Raya mengalikan sisa energi listrik untuk perumahan dan penerangan akses lampu jalan disekitar pabrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Zainul. 2015. *Buku Pintar Pabrik Kelapa Sawit*.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2014. *Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Kelapa Sawit 2013 – 2015*. Jakarta.
- Ditjen PPHP. 2006. *Pedoman Pengelolaan Limbah Industri Kelapa Sawit*. Subdit Pengelolaan Lingkungan, Direktorat Pengolahan hasil Pertanian, Departemen Pertanian. Jakarta.
- Dokumen Intern PT. Perkebunan Nusantara (Persero). 2009. *Buku Panduan Pedoman Operasional Pengolahan Kelapa Sawit (Bagian Pengolahan)*. Medan, Sumatera Utara.
- Effendy, 2008. *Jambi Belum Ekspor Cangkang Kelapa Sawit*.
- Emmoy, Ivan. 2013. *Kelistrikan Pabrik Kelapa Sawit*.
- Frickle, Thomas B. (2009). *Buku Panduan Pabrik Kelapa Sawit Skala Kecil Untuk Produksi Bahan Baku Bahan Bakar Nabati (BNN)*". Environmental Services Program. USAID Indonesia.
- Inayah, Tisah Afiatul. 2013. *Audit Energi Pada Proses Produksi CPO (Crude Palm Oil) Di PMKS PT. Condong Garut, Jawa Barat*. *Skripsi*. Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB. Bogor.
- Kurnia, Angga, dkk. 2015. *Proses Pembuatan Minyak Kelapa Sawit Di PT. Perkebunan Nusantara IV Unit Usaha Adolina Perbaungan-Sumatera Utara*. Laporan Kerja Praktek. Jurusan Teknik Mesin, STTH. Medan.
- Kusuma, Indra Permata. 2011. *Studi Pemanfaatan Biomassa Limbah Kelapa Sawit Sebagai Bahan Bakar Pembangkit Listrik Tenaga Uap Di Kalimantan Selatan (Studi Kasus Kabupaten Tanah Laut)*. *Skripsi*. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, ITS. Surabaya.
- Marsudi, Djiteng. 2005. *Pembangkitan Energi Listrik*. Erlangga. Jakarta.
- Mustikaningsih, Ika Sapto. 1996. *Analisis Konsumsi Energi Pada Proses Pengolahan Kelapa Sawit (PKS) Kertajaya, PTP. XI, Banten Selatan*. *Skripsi*. Jurusan Mekanisasi Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.

Bogor.

Saragih, Riyan Pratama. 2014. Perhitungan Kebutuhan Bahan Bakar Boiler Pada Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa Sawit (PLTBS) Sei Mengke. Skripsi. Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, UMSU.Medan.

Sekretariat Jendral Perindustrian. 2007. Gambaran Sekilas Industri Minyak Kelapa Sawit. Departemen Perindustrian. Jakarta Selatan.

Sugiyono, 2009. Metode Penelitian. Alfabeta. Bandung.

Sunarwan, Bambang dan Riyadi Juhana. 2013. Pemanfaatan Limbah Sawit Untuk Bahan Bakar Energi Baru Dan Terbarukan (EBT) (Studi Kasus: Limbah Produksi Sawit Daerah Kabupaten Boven Digonel Papua). Jurnal Tekno Insentif Kopwil 4, Volume 7, No. ISSN: 1907- 4964, halaman 1 s.d. 14.

2012. Ketel Uap Boiler Di Pabrik Kelapa Sawit.

