

**ANALISIS PENGARUH NILAI KALOR PERCAMPURAN CANGKANG
DAN AMPAS TEBU SEBAGAI BAHAN BAKAR BOILER TERHADAP
EFSIENSI BOILER**

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar

Sarjana Di Fakultas Teknik Mesin

Universitas Medan Area

OLEH:

MUHAMMAD ANAS BASYR NABABAN

148130021



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

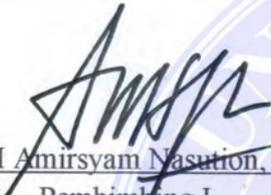
MEDAN

2019

LEMBAR PENGESAHAN

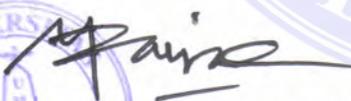
Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Nilai Kalor Percampuran Cangkang
Dan Ampas Tebu Sebagai Bahan Bakar Boiler Terhadap
Efisiensi Boiler
Nama : Muhammad Anas Basyr Nababan
NPM : 14.813.0021
Fakultas : Teknik
Prodi : Teknik mesin

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing


Ir. H. Amir Syam Nasution, MT
Pembimbing I


Muhammad Idris, ST, MT
Pembimbing II

Mengetahui :


Dr. Faisal Amri Tanjung SST, MT
Dekan Fakultas Teknik

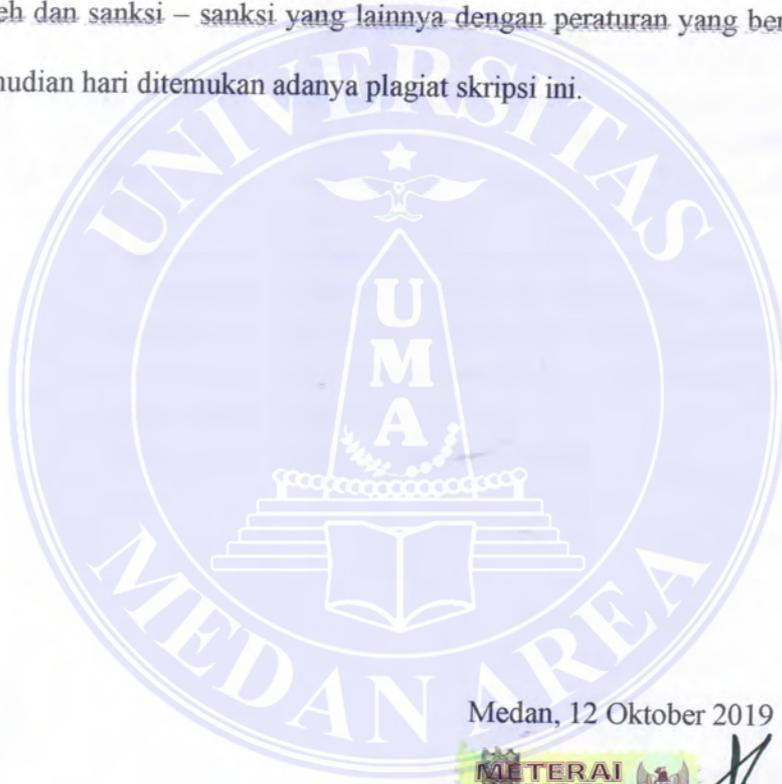

Bobby Umroh, ST, MT
Ka. Prodi Teknik Mesin

Tanggal Lulus : Sabtu, 28 September 2019

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun sebagai syarat memperoleh sarjana merupakan hasil karya tulis sendiri. Adapun bagian – bagian tertentu didalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain dan telah saya tuliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi – sanksi yang lainnya dengan peraturan yang berlaku apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat skripsi ini.



Medan, 12 Oktober 2019



MUHAMMAD ANAS BASYR NABABAN

14. 813. 0021

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Muhammad Anas Basyr Nababan
NPM : 14. 813. 0021
Progam Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Pengaruh Nilai Kalor Percampuran Cangkang Dan Ampas Tebu Sebagai Bahan Bakar Boiler Terhadap Efsiensi Boiler.

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Medan Area berhak Menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, memublikasikan skripsi saya selama mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.
Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan
Pada tanggal : 12 Oktober 2019
Yang menyatakan



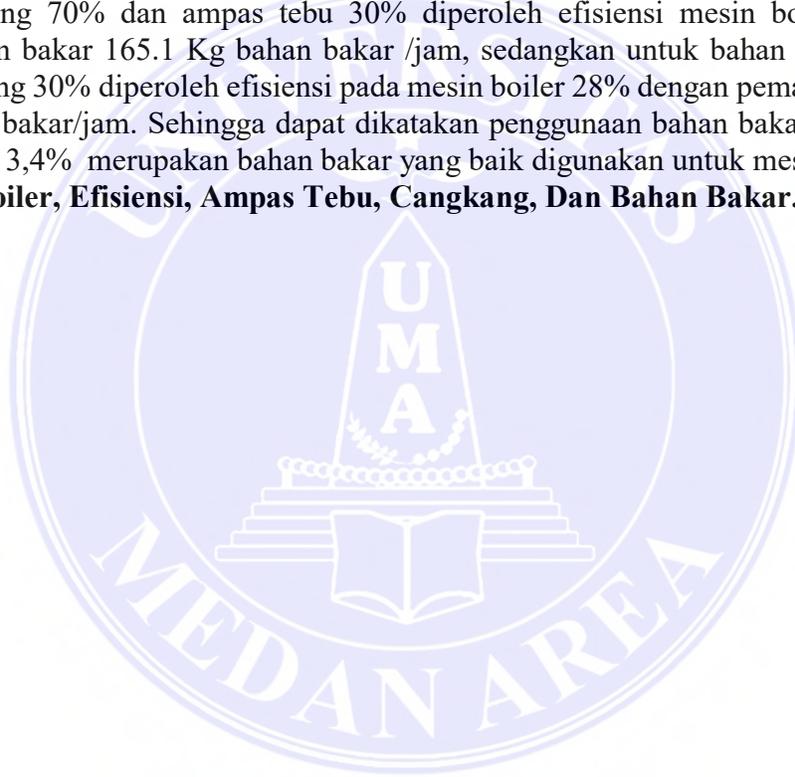
(Muhammad Anas Basyr Nababan)

Analisis Pengaruh Nilai Kalor Bahan Bakar Campuran Cangkang Dan Ampas Tebu Terhadap Efisiensi Boiler

ABSTRAK

Peranan mesin boiler di industri dalam proses produksi sangat penting. Untuk mengetahui efisiensi boiler digunakan metode langsung yaitu energi yang di dapat dari fluida kerja (air dan steam) dibandingkan dengan energi yang terkandung dalam bahan bakar boiler. Untuk meningkatkan efisiensi kerja mesin boiler tersebut ada beberapa faktor salah satunya dalam penggunaan bahan bakar boiler. Bahan bakar yang dibahas adalah bahan bakar cangkang, ampas tebu, dan juga campuran cangkang dan ampas tebu. Pada penggunaan bahan bakar cangkang 100% dengan kadar air 3,4% diperoleh efisiensi mesin boiler 57% dengan pemakaian bahan bakar 113.59 Kg bahan bakar/jam, untuk bahan bakar ampas tebu 100% dengan kadar air 10% diperoleh efisiensi boiler 56% dengan pemakaian bahan bakar 403.1 Kg bahan bakar/ jam, untuk bahan bakar campuran cangkang 70% dan ampas tebu 30% diperoleh efisiensi mesin boiler 22% dengan pemakaian bahan bakar 165.1 Kg bahan bakar /jam, sedangkan untuk bahan bakar ampas tebu 70% dan cangkang 30% diperoleh efisiensi pada mesin boiler 28% dengan pemakaian bahan bakar 207.2 Kg bahan bakar/jam. Sehingga dapat dikatakan penggunaan bahan bakar cangkang 100% dengan kadar air 3,4% merupakan bahan bakar yang baik digunakan untuk mesin boiler.

Kata Kunci : Boiler, Efisiensi, Ampas Tebu, Cangkang, Dan Bahan Bakar.

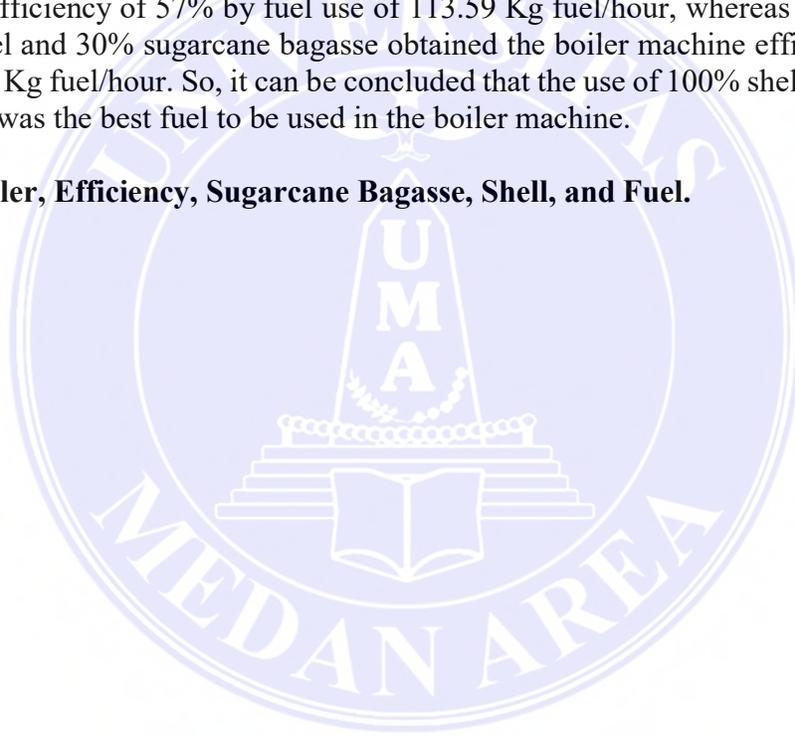


ABSTRACT

Muhammad Anas Basyr Nababan. 148130021. “The Analysis of the Effect of Fuel Heat Value of Shell and Sugarcane Bagasse Mixture towards the Boiler Efficiency”. Supervised by Ir. Amirsyam Nasution, M.T., and Muhammad Idris, S.T., M.T.

The boiler machine role in the industry in the production process is very important. To find out the boiler efficiency used a direct method that is the energy gained from the working fluid (water and steam) compared to the energy contained in the boiler fuel. To improve the boiler machine performance efficiency, there were several factors; one of them was in the use of boiler fuel. Then, the fuel discussed were the fuel of shell, sugarcane bagasse, and also the mixture of the shell and the sugarcane bagasse. In the use of 100% shell fuel by water content of 3.4%, it was obtained the boiler machine efficiency of 57% by fuel use of 113.59 Kg fuel/hour, whereas in the use of 70% shell mixture fuel and 30% sugarcane bagasse obtained the boiler machine efficiency of 28% by fuel use of 207.2 Kg fuel/hour. So, it can be concluded that the use of 100% shell fuel by the water content of 3.4% was the best fuel to be used in the boiler machine.

Keywords: Boiler, Efficiency, Sugarcane Bagasse, Shell, and Fuel.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT Yang Maha Kuasa karena kita masih diberikan kesehatan dan umur panjang, serta shalawat dan salam kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW yang telah membawa kita dari alam kebodohan ke alam yang penuh dengan ilmu pengetahuan. Dengan Rahmat dan karuniaNya maka penulis telah dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Penelitian ini merupakan tugas akhir guna memenuhi syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik pada Universitas Medan Area. Adapun judul dari tugas akhir penulis adalah **”Analisis Pengaruh Nilai Kalor Percampuran Cangkang Dan Ampas Tebu Sebagai Bahan Bakar Boiler Terhadap Efisiensi Boiler”**.

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini penulis telah berusaha semaksimal mungkin agar mendapat hasil yang baik, dengan menggunakan sumber literatur, juga mendapat bantuan dari berbagai pihak dan pengetahuan yang penulis peroleh selama kuliah. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Dadan Ramdan, M.Eng M.Sc selaku Rektor Universitas Medan Area, dan Bapak Dr. Faisal Amri Tanjung, ST, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
2. Ibu Susilawati, S.Kom, M.Kom selaku Wakil Dekan bidang Akademik Universitas Medan Area.
3. Bapak Bobby Umroh, ST. MT selaku Ka. Prodi Teknik Mesin Universitas Medan Area yang telah menyetujui permohonan penyusunan Skripsi.

4. Bapak Ir. Amirsyam Nasution, MT selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing dalam penyusunan Skripsi ini hingga selesai.
5. Bapak Muhammad Idris, ST. MT selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dalam penyusunan Skripsi ini hingga selesai.
6. Sahabat-sahabat stambuk 2014, dan terkhusus buat Grup seminar yang telah banyak memberi dukungan baik moril maupun materil hingga skripsi ini selesai. Thanks buat Adriel Hafiz Fanani, Muhammad Annas Basyr Nababan, Banu Wahyudi, Dennis Nainggolan, Rahmat Abdullah, Reza Falhlevi hsb, Muhammad Haikal kalian luar biasa.
7. Seluruh Pegawai di Fakultas Teknik yang telah membantu administrasi Skripsi ini hingga selesai.
8. Kepada Orang Tua saya yang tercinta bapak Basrial Nababan dan Ibu Nasni Sri Wahyuni telah banyak memberikan doa dan semua tenaga juga pikiran dalam mengupayakan apa yang diperlukan penulis, penulis persembahkan seluruhnya untuk kedua orang tua penulis yang telah berjuang hingga penulis menyelesaikan studi sarjana di Universitas medan Area ini, love you bapak mamak ku, sehat selalu dan lihatlah akan suksesnya anakmu ini.
9. Abang, kakak dan adik keluarga penulis tercinta yang telah memberikan dorongan semangat yang sangatlah penulis butuhkan dalam menyelesaikan skripsi ini dan mereka selalu memberikan semangat baru kepada penulis hingga bisa pada titik sekarang ini.

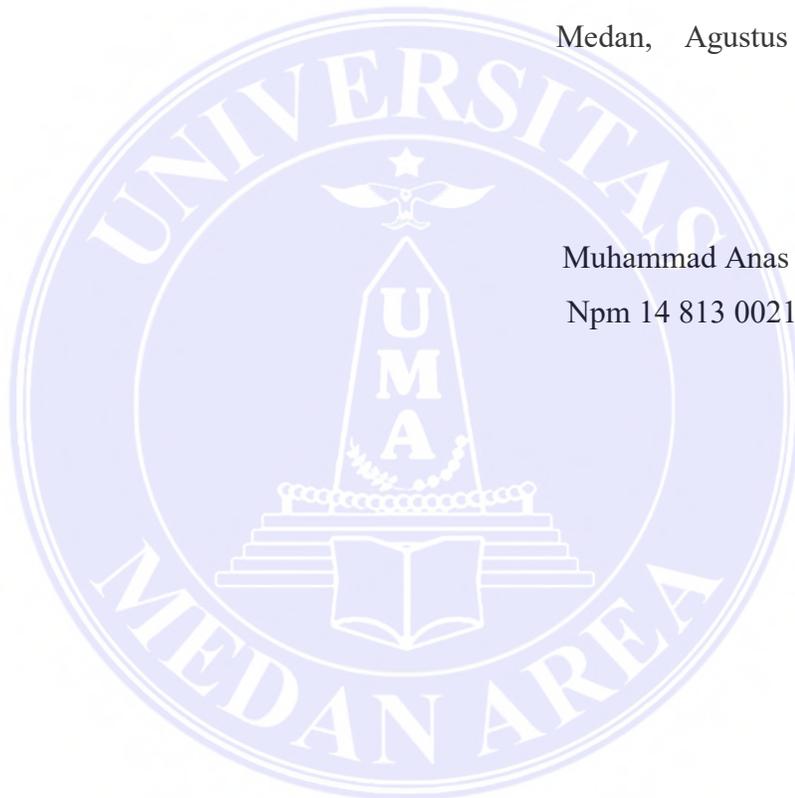
Semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai. Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan skripsi ini masih banyak

kekurangan dan kesalahan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun pada masa yang akan datang. Mudah-mudahan skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri maupun para pembaca pada umumnya dalam mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Medan, Agustus 2019

Muhammad Anas Basyr Nababan

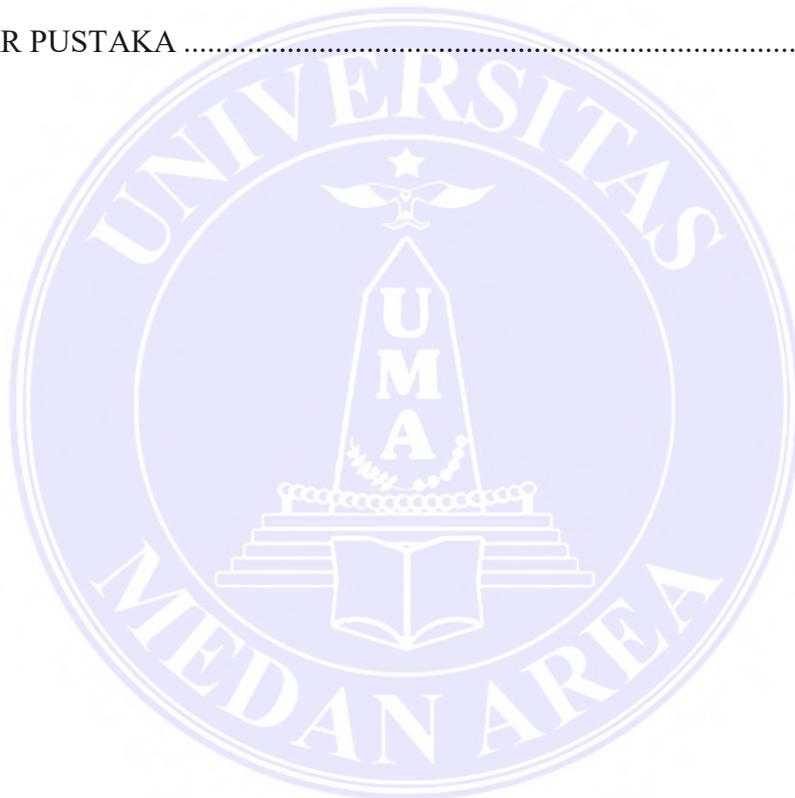
Npm 14 813 0021



DAFTAR ISI

BAB I PENDAHULUAN.....	1
1. Latar Belakang Penelitian.....	1
2. Rumusan Masalah.....	3
3. Batasan Masalah	4
4. Tujuan Penelitian.....	4
5. Manfaat Penelitian.....	4
6. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
1. Pengertian Boiler	5
2. Jenis-jenis Boiler.....	6
1.1. Boiler Pipa Api.....	6
1.2. Boiler Pipa Air.....	8
3. Komponen-Komponen Boiler.....	10
4. Perpindahan Panas.....	13
4.1. Perpindahan Panas Secara Konduksi.....	13
4.2. Perpindahan Panas Secara Konveksi.....	13
4.3. Perpindahan Panas Secara Radiasi.....	14
5. Bahan Bakar.....	14
5.1 Bahan Bakar padat (cangkang).....	15
5.2 Bahan Bakar padat (ampas tebu).....	18
6. Proses Pembakaran.....	19
6.1. Prinsip Pembakaran.....	19
6.2. Pembakaran Tiga T.....	20
7. Neraca Kalor.....	21
BAB III METODE PENELITIAN.....	26
3.1. Waktu dan Tempat.....	26
3.1.1. Waktu	26
3.1.2. Tempat.....	26
3.2. Alat dan Bahan.....	28

3.3. Langkah-langkah Pengujian.....	31
3.4. Diagram Alir Analisa	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1. Pengolahan Data.....	34
4.2. Analisis Data	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	48
5.1. Kesimpulan	48
5.2.Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA	50



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Boiler Jenis Pipa Air Takuma Seri N-325-600	5
Gambar 2.2. Pip Api.....	7
Gambar 2.3. Pipa Air.....	9
Gambar 2.4. Cangkang (<i>Shell</i>) Kelapa Sawit.....	16
Gambar 2.5. Cangkang Tipe Dura.....	16
Gambar 2.6. Cangkang Tipe Pisifera.....	17
Gambar 2.7. Cangkang Tipe Tenera.....	18
Gambar 2.8. Ampas Tebu.....	18
Gambar 2.9. Diagram Sankey Ketel Uap.....	22
Gambar 3.1. Bom Kalorimeter.....	28
Gambar 3.2. Thermometer Laboratorium.....	29
Gambar 3.3. Timbangan Digital.....	29
Gambar 3.4. Cangkang (<i>Shell</i>) Kelapa Sawit.....	30
Gambar 3.5. Ampas Tebu (<i>Bagasse</i>).....	30
Gambar 3.6. Diagram Alir Analisa.....	33
Gambar 4.1. Diagram <i>p-h</i>	35
Gambar 4.2. Grafik Pemakaian Bahan Bakar/Jam.....	37
Gambar 4.3. Grafik Jumlah Uap Yang Dihasilkan.....	39
Gambar 4.4. Grafik Efisiensi Boiler.....	44



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Penelitian

Boiler (ketel uap) merupakan salah satu mesin yang memegang peranan sangat penting dalam sebuah pabrik kelapa sawit dan pabrik gula dalam proses menghasilkan kualitas minyak sawit dan gula. Dalam pengoperasian *boiler* (ketel uap) haruslah diperhatikan jenis bahan bakar dan nilai kalor (*heating value*) dari bahan bakar tersebut. Sehingga *boiler* (ketel uap) dapat bekerja dengan baik, sehingga uap (*steam*) yang dihasilkan dapat memenuhi kebutuhan pabrik kelapa sawit dan gula tersebut dalam menghasilkan minyak sawit dan gula [1].

Boiler dalam Pabrik Minyak Kelapa Sawit dan Pabrik gula ibaratnya adalah jantung dalam manusia, sehingga memegang peranan sangat vital dalam Evaluasi dilakukan untuk meningkatkan kinerja *boiler*. Salah satu hal yang dilakukan dengan cara mengoptimasi bahan bakar *boiler*. Sistem bahan bakar adalah semua peralatan yang digunakan untuk menyediakan bahan bakar untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan. Peralatan yang diperlukan pada sistem bahan bakar tergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan pada sistem [2].

Pulau Sumatera memiliki karakteristik yang cukup unik dan memiliki kontribusi terbesar dalam perkembangan perkebunan di Indonesia. Indonesia berada pada urutan ke-1 dunia pada tanaman sawit, dengan pangsa 54%, sedangkan untuk tanaman tebu untuk di Pulau Sumatera memiliki pangsa sekitar 1%. Perkebunan di Pulau Sumatera memiliki beberapa komoditas yang penting antara lain : Perkebunan kelapa sawit memiliki 7,1 juta ha, sementara untuk perkebunan tebu sendiri memiliki 148,4 ribu ha [3].

Tanaman kelapa sawit merupakan salah satu jenis tanaman perkebunan yang menduduki posisi penting dalam sektor pertanian dan sektor perkebunan. Kelapa sawit merupakan komoditi andalan Indonesia yang perkembangannya demikian pesat. Lahan yang optimal untuk kelapa sawit harus mengacu pada tiga faktor yaitu lingkungan, sifat fisik lahan dan sifat kimia tanah atau kesuburan tanah. Tanaman kelapa sawit di perkebunan komersial dapat tumbuh dengan baik pada kisaran suhu 24-28oC. Untuk memperoleh hasil maksimal dalam budidaya kelapa sawit perlu memperhatikan sifat fisik dan kimia tanah di antaranya struktur tanah dan drainase tanah baik. [4].

Sejalan dengan semakin meningkatnya produksi kelapa sawit dari tahun ke tahun, akan terjadi pula peningkatan volume limbahnya. Umumnya limbah padat industri kelapa sawit mengandung bahan organik yang tinggi sehingga berdampak pada pencemaran lingkungan. Penanganan limbah secara tidak tepat akan mencemari lingkungan. Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengolah dan meningkatkan nilai ekonomi limbah padat kelapa sawit. 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 kelapa sawit dapat berupa tandan kosong, cangkang dan *fiber* (sabut).

Penggunaan energi berbasis bahan bakar fosil di Indonesia sudah sangat familiar seperti batubara, minyak bumi, gas bumi yang digunakan sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik, transportasi, dan lainnya. Energi tak terbarukan ini ketersediaanya terbatas sehingga apabila energi ini habis, maka tidak dapat diperbarui kembali dan juga banyak dampak negatif dari energi tak terbarukan bagi lingkungan sekitar. Energi terbarukan adalah jawaban dari permasalahan tersebut, di Indonesia sendiri tersedia berbagai macam energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan dan dimaksimalkan kegunaannya. Salah satu dari energi terbarukan yang potensial di Indonesia adalah cangkang dan ampas tebu, hal ini disebabkan Indonesia memiliki banyak indsutri disektor

perkebunan dan pertanian. Limbah dari industri tersebut seperti limbah kelapa sawit, limbah ampas tebu dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif menggantikan batu bara atau minyak bumi.

[5]

Oleh sebab itu penulis merasa perlu melakukan analisa terhadap nilai kalor bahan bakar dan juga tekanan pada ruang bakar dengan bahan bakar cangkang dan ampas tebu. Berdasarkan uraian yang telah di sebutkan penulis mengambil judul **“Analisis Pengaruh Nilai Kalor Percampuran Cangkang Dan Ampas Tebu Sebagai Bahan Bakar Boiler Terhadap Efsiensi Boiler”**.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas maka dapat disimpulkan beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

- 1) Menentukan berapa persen perbandingan efisiensi boiler jika menggunakan bahan bakar campuran ampas tebu dan cangkang kelapa sawit.
- 2) Mencari berapa jumlah uap yang keluar dari boiler menuju turbin uap menggunakan bahan bakar campuran cangkang dan ampas tebu
- 3) Bagaimana dampak pembakaran yang terjadi didalam ruang bakar boiler dengan percampuran bahan bakar cangkang dan ampas tebu.
- 4) Mencari efisiensi boiler

1.3. Batasan Masalah

Pembahasan analisa ini di khusus kan mencari nilai kalor dari percampuran bahan bakar antara cangkang dan ampas tebu dan mencari perbandingan tekanan pada ruang bakar boiler dengan menggunakan bahan bakar campuran antara cangkang kelapa sawit dan ampas tebu, serta menghitung uap yang keluar dari boiler menuju turbin uap.

1.4. Tujuan Penelitian

1. Mengnalisis karateristik bahan bakar cangkang dan ampas tebu
2. Membandingkan karakteristik / sifat sifat bahan bakar cangkang dengan bahan bakar ampas tebu.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian untuk mengetahui apakah percampuran bahan bakar antara cangkang dan ampas tebu dapat menghasilkan pembakaran yang baik pada ruang bakar boiler tersebut, serta menghasilkan uap yang bagus, sarta apakah nantinya dapat dijadikan bahan bakar masa depan.

1.6. Sistematika Penulisan

Penulis mencoba menguraikan seperti dibawah ini :

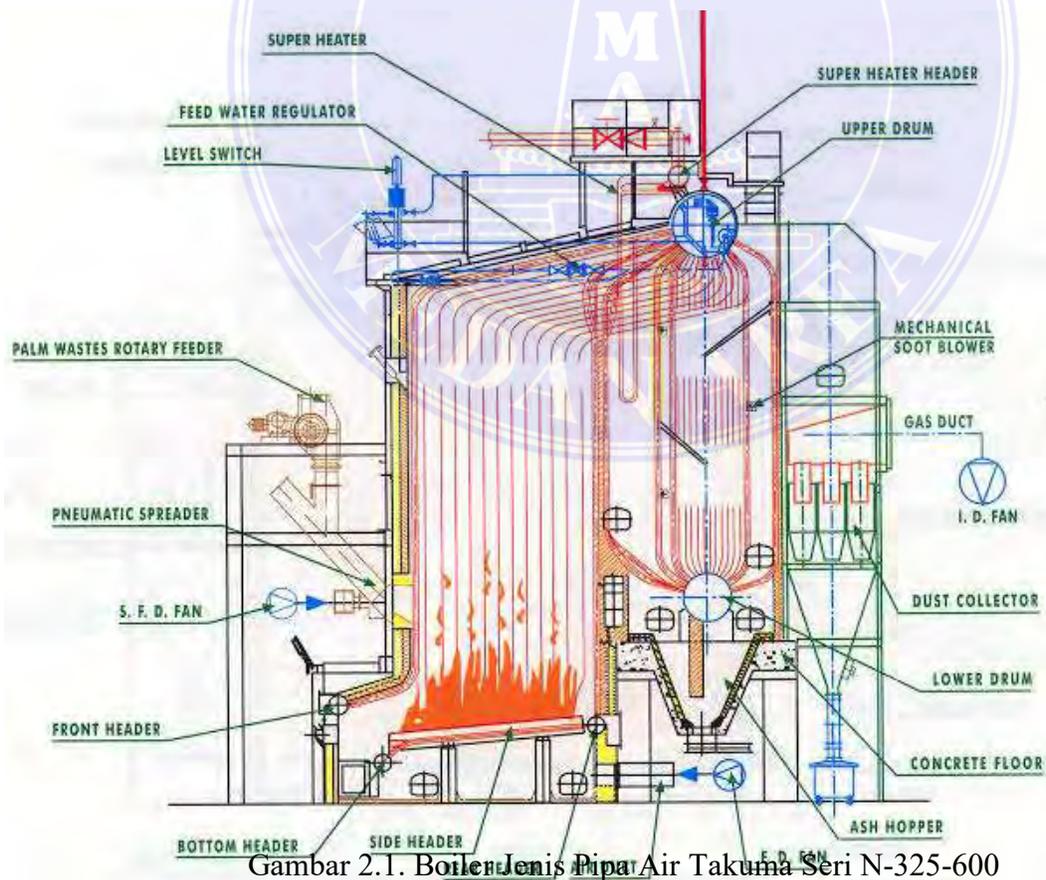
BAB I	PENDAHULUAN
BAB II	TINJAUAN PUSTAKA
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Boiler

Boiler dapat didefinisikan sebagai sebuah alat yang digunakan untuk mentransfer kalor atau panas yang diproduksi dari pembakaran fluida. Boiler digunakan untuk menghasilkan air panas, uap jenuh (uap pada temperatur jenuh), atau uap panas lanjut (uap yang dipanaskan diatas temperatur jenuh), salah satu jenis boiler yang digunakan di tempat saya melakukan penelitian merupakan boiler jenis pipa air Takuma Seri N-325-600 seperti yang di tunjukkan pada gambar 2.1



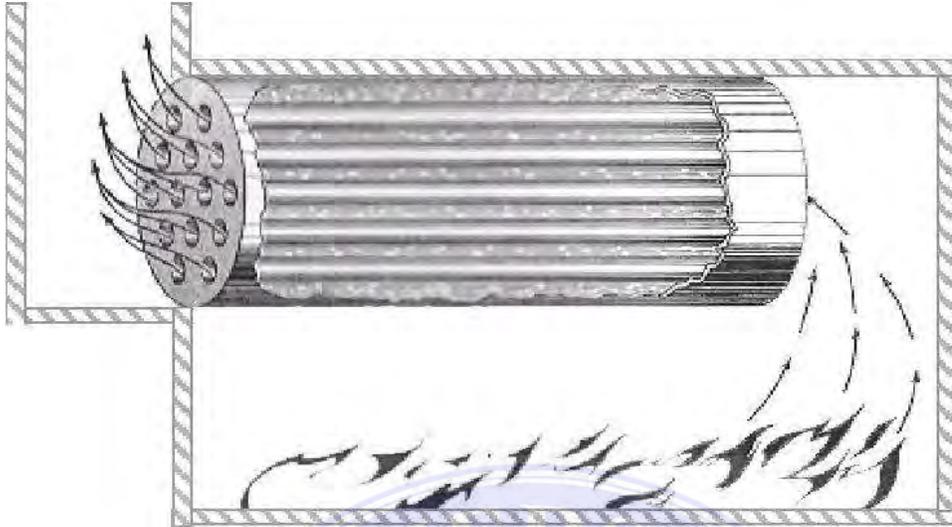
2.2 Jenis jenis boiler

Boiler dibagi menjadi dua bagian yaitu boiler pipa api dan boiler pipa air :

2.2.1. Boiler Pipa Api

Boiler pipa api menjadi tipe boiler yang paling sederhana. Boiler ini memungkinkan untuk diaplikasikan pada kebutuhan uap air rendah hingga menengah. Hal tersebut dimungkinkan karena desainnya yang tidak lebih rumit dari boiler pipa air. Ukuran boiler pipa api juga relatif lebih kecil, dan memungkinkan untuk dipindah tempatkan dengan sangat mudah.

Sesuai dengan namanya, boiler pipa api mengalirkan gas panas hasil pembakaran ke saluran pipa-pipa yang diselubungi oleh air. Berbagai desain 6 saluran pipa berbeda dibuat untuk memaksimalkan penyerapan panas dari gas buang hasil pembakaran tersebut. Level air di dalam tangki boiler, wajib terjaga ketinggiannya untuk menghindari *overheat*. Di sisi lain, boiler ini juga dilengkapi dengan *safety relief valve* yang berfungsi untuk melepas tekanan berlebih sehingga terhindar dari ledakan. Banyak tipe boiler pipa-api juga sudah dilengkapi dengan sistem pemanas uap lanjut untuk menghasilkan uap superheated. Namun demikian, boiler pipa-api memiliki keterbatasan produksi uap air yang hanya maksimal 2500 kg/jam dengan tekanan maksimal 10 bar saja. Jenis pipa api di tunjukkan pada gambar 2. berikut.



Gambar 2.2 Pipa Api

Keuntungan dan kerugian boiler pipa api :

Keuntungan :

1. Tidak membutuhkan setting khusus, sehingga proses pemasangannya mudah dan cepat.
2. Investasi awal untuk boiler pipa api ini murah.
3. Bentuknya lebih compact dan portable.
4. Untuk 1 HP boiler tidak memerlukan area yang besar.

Kerugian :

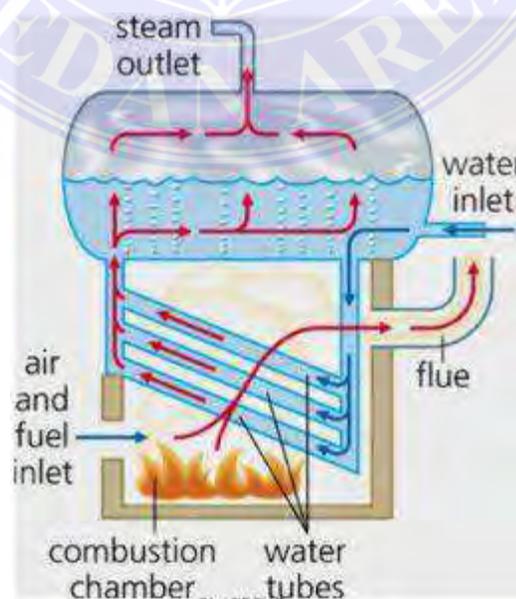
1. Tekanan operasi steam terbatas untuk tekanan rendah 18 bar.
2. Jika dibandingkan dengan boiler pipa air, kapasitas steamnya relative kecil
3. Tempat pembakarannya sulit dijangkau sehingga susah untuk dibersihkan, diperbaiki, dan diperiksa kondisinya.
4. Banyak energi kalor yang terbuang langsung menuju stack sehingga nilai effisiensinya rendah.

1.2.2. Boiler Pipa Air

Pada boiler pipa air, air berada di dalam pipa sedangkan gas panas berada diluar pipa. Boiler pipa air ini dapat beroperasi pada tekanan yang sangat tinggi yaitu hingga lebih dari 100 Bar. Boiler pipa air memiliki karakteristik menghasilkan kapasitas dan tekanan steam yang tinggi. Berdasarkan jenis ketelnya, konstruksi yang dipasang dalam ketel dapat lurus dan melengkung. Secara parallel dipasang pipa-pipa yang lurus di dalam ketel dihubungkan dengan 2 buah header. Secara horizontal diatas susunan pipa dipasang header yang dihubungkan dengan drum uap. Susunan kedua header memiliki kecondongan tertentu yang bertujuan dapat mengatur sirkulasi uap dalam ketel.

Cara kerja boiler pipa air adalah diluar pipa terjadi proses pengapian, kemudian dihasilkan panas yang digunakan untuk memanaskan pipa yang berisi air. Melalui economizer air tersebut terlebih dahulu dikondisikan, kemudian dihasilkan steam yang terlebih dahulu dikumpulkan di dalam sebuah steam-drum. Melalui tahap secondary superheater dan primary superheater setelah tekanan dan temperature sesuai baru steam dilepaskan ke pipa utama distribusi.

Di dalam pipa air, harus ada pengkondisian air yang mengalir terhadap mineral atau kandungan lain yang terlarut dalam air. Jenis boiler pipa air ditunjukkan pada gambar 3. berikut.



Gambar 2.3. Pipa Air

Keuntungan boiler pipa air :

1. Kapasitas steam besar hingga 450 TPH.
2. Tekanan operasi mencapai 100 Bar.
3. Dibanding dengan boiler pipa api, boiler pipa air memiliki nilai efisiensi yang lebih tinggi.
4. Untuk melakukan pemeriksaan, pembersihan, dan perbaikan tungku mudah dijangkau.

Kerugian boiler pipa air :

1. Proses konstruksinya lebih detail.
2. Investasi awal relative lebih mahal.
3. Penanganan air yang masuk ke dalam boiler dalam sistem ini lebih sensitive sehingga perlu dijaga dan memerlukan komponen pendukung untuk hal ini.
4. Konstruksinya membutuhkan area yang luas karena mampu menghasilkan kapasitas dan tekanan steam yang lebih besar.

1.3. Komponen-Komponen Boiler

1. Dapur (Furnance)

Yaitu tempat dimana bahan bakar dibakar dan terbentuk gas asap. Dinding tungku pada dasarnya adalah lapisan tebal asbes tahan api yang diapit pada bagian luar plat tebal sebagai casing luar boiler dan sebagai pengisolasi dari udara luar. Pada bagian paling depan yang menghadap ke api terdapat susunan pipa-pipa penguap yang disebut dinding air (water tube wall) yang akan menerima panas dari gas asap secara radiasi pada level bawah. Ruang furnace dibatasi oleh :

- a. Lorong api
- b. Pipa api

2. Pipa-Pipa Penguap (*Riser*)

Yang mengubah energi pembakaran menjadi energi potensial uap.

3. Economizer

Yaitu pipa-pipa pemanas air yang terletak dibagian belakang laluan gas asap yang akan dimanfaatkan untuk memanaskan terlebih dahulu air umpan boiler sebelum dimasukkan ke drum sehingga menaikkan efisiensi dan mengurangi perbedaaan suhu yang besar pada dinding drum. Keuntungan menggunakan *economizer* adalah :

- a. Menghemat bahan bakar 15-20 %.
- b. Memperpendek waktu operasi air menjadi uap.
- c. Dengan kondisi air pengisian yang telah panas pada boiler dapat mengurangi konsentrasi udara (O_2) dalam boiler karena oksigen adalah gas yang paling cepat merusak boiler, sehingga penggunaan *economizer* pada boiler dapat mengurangi kerusakan dan mengurangi terbentuknya kerak dalam boiler maupun saluran uap.

4. Burner

Yaitu peralatan yang menyemprotkan bahan bakar dan udara masuk kedalam sehingga terbakar dalam tungku.

5. Cerobong (*stack*)

Stack berfungsi sebagai saluran untuk membuang gas asap sisa pembakaran (*fuel gas*) keluar dari boiler. Selain itu dibuat tinggi, *stack* pada ketinggian tertentu agar memperoleh tarikan cerobong asap (*stack draft*) yang cukup serta mencegah terbentuknya asam sulfat dari reaksi sulfur yang terdapat pada gas sisa pembakaran dengan H_2O yang terdapat pada udara luar. Terbentuknya asam sulfat harus dicegah karena bersifat sangat korosif.

6. Gelas Penduga (*Level Glass*)

Gelas penduga ini sangat penting fungsinya untuk mengetahui tinggi permukaan air di dalam boiler. Gelas penduga terdiri atas 2 buah pipa kaca yang dilengkapi indikator level yang jelas dan mudah terbaca.

7. Sirkulasi Air (*Blow Down*)

Sirkulasi air pada boiler diharapkan dapat mengurangi konsentrasi zat-zat kimia, kotoran lumpur dan mencegah terjadinya busa karena terikatnya padatan kimia ke dalam steam. Ada 2 jenis sirkulasi (*blow down*) pada boiler ini yaitu blow down belakang dan blow down samping.

8. Level Control Air (*Water Flow Meter*)

Terdapat 1 buah level control air yang berfungsi untuk start dan stop pengisian air ke boiler yang dijalankan oleh pompa.

9. Manometer (*Pressure Gauge*)

Berfungsi untuk mengetahui berapa tekanan uap pada boiler.

10. Pressure Switch

Ada 2 set *pressure switch* yang berfungsi untuk mengontrol secara otomatis tekanan boiler, sehingga tekanan uap boiler yang diinginkan dapat disesuaikan.

11. Katup Pengaman (*Safety Valve*)

Safety Valve berfungsi untuk membuang uap atau steam. Bekerjanya secara mekanik apabila tekanan uap boiler tersebut melebihi tekanan maksimal.

12. Lubang Lalu Orang (*Man Hole*)

Berfungsi sebagai jalan masuk orang ke dalam boiler agar dapat membersihkan atau mencek ruang air dan lorong api.

13. Pompa

1 buah pompa untuk memompakan air dari tangki utama ke *Softener Tank*. 2 buah pompa lain memompakan air dari *feed water tank* ke boiler serta 1 buah pompa untuk memompakan bahan bakar ke boiler, tetapi yang dipakai hanya satu unit.

14. Steam Drum

Steam Drum dapat disebut juga *main drum* atau drum utama yang letaknya pada bagian puncak boiler, berisi sebagian air jenuh dan sebagian uap jenuh, air jenuh ini diperoleh dari *economiser* serta uapnya diperoleh dari pipa-pipa *riser*.

1.4. Perpindahan Panas

Perpindahan panas atau alih bahan (*heat transfer*) ialah ilmu untuk meramalkan perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan temperatur antara dua material atau fluida yang berbeda. Karena sifat dasar panas adalah energi panas akan berpindah tempat yang mempunyai temperatur tinggi menuju ke temperatur yang rendah. Kuantitas atau jumlah perpindahan panasnya berbanding lurus dengan perbedaan temperatur.

Ada tiga macam perpindahan panas yang mendasar yaitu perpindahan panas secara konduksi, konveksi, dan radiasi atau pancaran.

2.4.1. Perpindahan Panas Secara Konduksi

Secara konduksi (merambat) adalah cara perpindahan panas dari benda yang memiliki temperatur tinggi menuju temperatur yang rendah, tanpa tergantung dari gerakan benda tersebut. Pada umumnya terjadi pada benda padat.

1.4.2. Perpindahan Panas Secara Konveksi

Secara konveksi (mengalir) adalah cara perpindahan panas, dimana panas ikut berpindah bersama dengan fluida (udara, air) yang membawanya. Panas akan mengalir secara konduksi dari

permukaan ke partikel-partikel fluida yang berbatasan, panas yang berpindah dengan cara demikian akan menaikkan suhu partikel- partikel fluida ini, kemudian partikel fluida tersebut akan bergerak ke suhu yang lebih rendah dimana fluida akan bercampur dengan partikel- partikel fluida lainnya.

Perpindahan panas secara konveksi dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu :

- a. Konveksi alami, panas mengalir secara alami, misalnya karena perbedaan kepadatan (densitas). Bejana yang berisi (fluida), apabila bagian bawahnya dipanaskan maka fluida yang berkurang kepadatannya bergerak naik dan fluida yang lebih tinggi kepadatannya akan bergerak turun.
- b. Konveksi paksa, panas mengalir karena paksaan, seperti pompa, blower, radiator dll.

1.4.3. Perpindahan Panas Secara Radiasi

Secara radiasi (memancar) ialah perpindahan panas tanpa perantara, dimana panas mengalir dari temperatur tinggi ke temperatur rendah bila benda tersebut terpisah didalam ruang, bahkan bila terdapat ruang hampa diantara benda-benda tersebut, maka panas yang dimiliki berubah menjadi gelombang elektromagnetik.

1.5. Bahan Bakar

Bahan bakar (*fuel*) adalah bahan yang apabila dibakar dapat meneruskan proses pembakaran tersebut dengan sendirinya, disertai dengan pengeluaran kalor. Bahan bakar dibakar dengan tujuan untuk memperoleh kalor tersebut, untuk digunakan baik secara langsung maupun tak langsung. Sebagai contoh penggunaan kalor dari proses pembakaran secara langsung adalah:

1. untuk memasak di dapur-dapur rumah tangga
2. untuk instalasi pemanas

sedangkan contoh penggunaan kalor secara tidak langsung adalah:

1. kalor diubah menjadi energi mekanik, misalnya pada motor bakar,
2. kalor diubah menjadi energi listrik, misalnya pada pembangkit listrik tenaga diesel, tenaga gas dan tenaga uap.

Bahan bakar yang digunakan di dalam boiler pada umumnya diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Bahan bakar padat
2. Bahan bakar cair
3. Bahan bakar gas

Untuk melakukan pembakaran diperlukan tiga unsur, yaitu :

1. bahan bakar
2. oksigen dari udara pembakaran
3. suhu untuk memulai pembakaran

Dikarenakan boiler yang penulis bahas adalah menggunakan bahan bakar cangkang dan ampas tebu maka sistem pembakaran yang dipergunakan adalah sistem pembakaran bahan bakar padat (cangkang) dan sistem pembakaran bahan padat (ampas tebu).

2.5.1. Bahan Bakar padat (cangkang)

Cangkang merupakan hasil samping pengolahan kelapa sawit dimana dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar *boiler*, selain itu dapat juga dijadikan sebagai arang. cangkang, tandan kosong serta serat dapat dijadikan pembangkit listrik. Diagram Alur pemanfaatan Tandan Kosong, Cangkang, dan Serat menjadi Listrik.

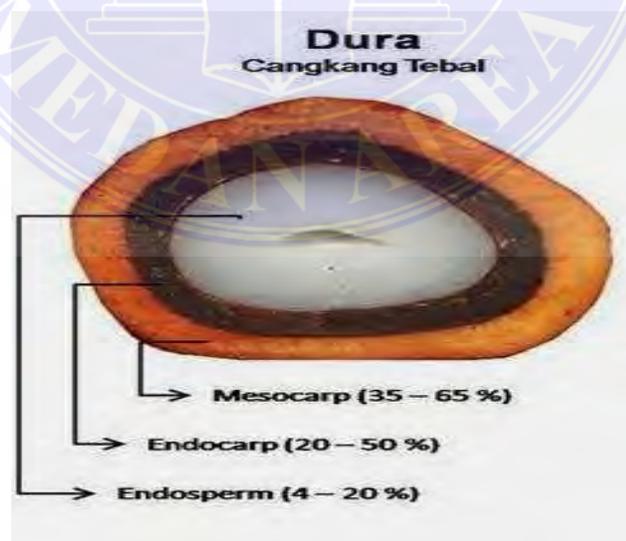
Berdasarkan tebal dan tipisnya cangkang, dikenal tipe-tipe kelapa sawit sebagai berikut.



Gambar 2.4. Cangkang (*Shell*) Kelapa Sawit

a. Tipe dura

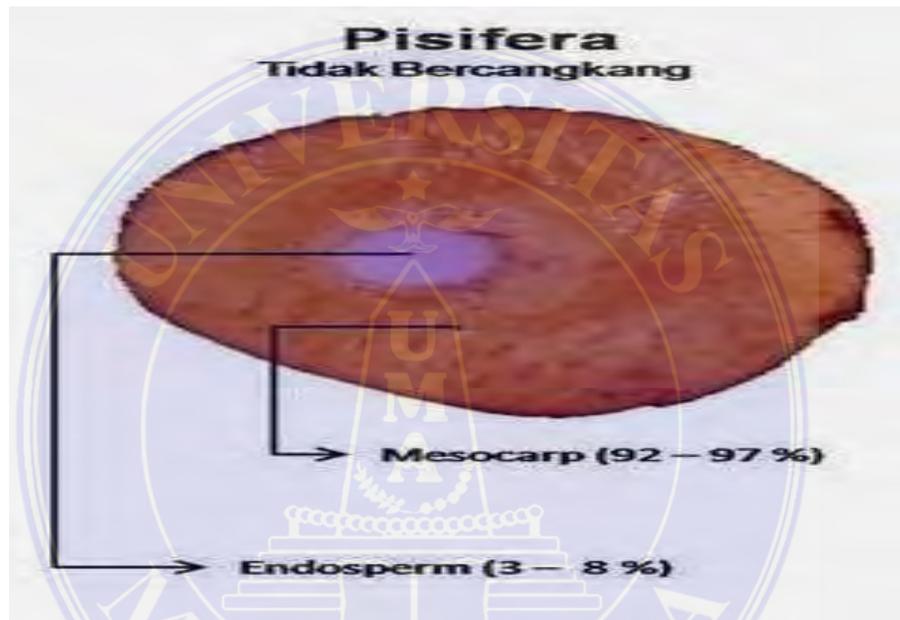
Tipe ini memiliki ciri-ciri daging buah (mesocarp) tipis, cangkang (endocarp) tebal (2-8 mm), inti (endosperm) besar, dan tidak terdapat cincin serabut. Prosentase daging buah 35-60 % dengan rendemen minyak 17-18 %. Adapun tipe Deli dura adalah tipe dura yang berasal dari Kebun Raya Bogor (aslanya dari Afrika yang dimasukkan tahun 1848), kemudian dikembangkan di Deli yaitu daerah sekitar Medan (dahulu kerajaan Deli). Dewasa ini tipe Deli dura banyak digunakan dalam pemuliaan kelapa sawit.



Gambar 2.5. Cangkang Tipe Dura

b. Tipe pisifera

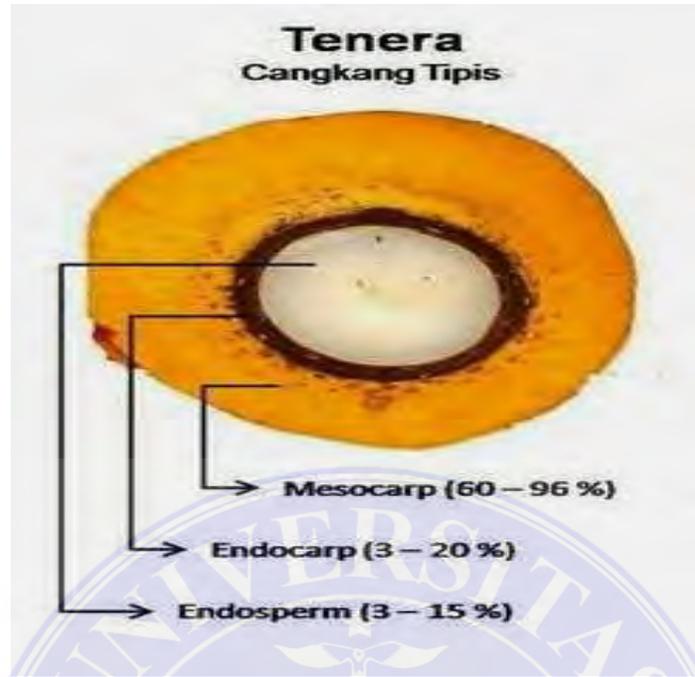
Tipe ini memiliki ciri-ciri daging buah tebal, tidak mempunyai cangkang tetapi terdapat cincin serabut yang mengelilingi inti. Intinya kecil sekali bila dibandingkan dengan tipe Dura ataupun Tenera. Perbandingan daging buah terhadap buahnya tinggi dan kandungan minyak tinggi. Bunga kelapa sawit tipe Pisifera biasanya steril. Kelapa sawit tipe ini hanya dipakai sebagai “pohon bapak” dalam persilangan tipe Dura atau Deli Dura.



Gambar 2.6. Cangkang Tipe Pisifera

c. Tipe tenera

Tipe ini merupakan hasil silang antara tipe Dura dan Pisifera. Tipe ini memiliki tebal cangkang 0.5-4 mm, mempunyai cincin serabut walaupun tidak sebanyak Pisifera, sedangkan intinya kecil Perbandingan daging buah terhadap buah 60-90 %, rendemen minyak 22-24



Gambar 2.7. Cangkang tipe Tenera

1.5.2. Bahan Bakar padat (ampas tebu)

Ampas tebu (*bagasse*) merupakan limbah hasil pengolahan tebu menjadi gula, yang menjadi bahan bakar utama ketel uap di pabrik gula namun pemanfaatan bagasse sampai saat ini belum optimal. Agar diperoleh manfaat yang maksimal dari bagasse maka perlu dicermati faktor apa saja yang mempengaruhi efektifitas tersebut.



Gambar 2.8. Ampas Tebu

2.6. Proses Pembakaran

2.6.1. Prinsip Pembakaran

Proses pembakaran adalah reaksi kimia yang cepat antara bahan bakar dengan oksigen (O₂) dari udara, disertai cahaya dan menghasilkan kalor. Hasil pembakaran yang utama adalah Karbondioksida (CO₂), uap air (H₂O) dan disertai energi panas.

Sedangkan hasil pembakaran yang lain adalah Karbonmonoksida (CO), abu (ash), NO_x, atau SO_x tergantung pada jenis bahan bakarnya. Dalam pembakaran proses yang terjadi adalah oksidasi dengan reaksi sebagai berikut:

- a. Karbon + oksigen = Karbon dioksida + panas
 - b. Hidrogen + oksigen = Uap air + panas
 - c. Sulfur + oksigen = Sulfur dioksida + panas
- Beberapa hal yang terjadi pada proses pembakaran

:

- a. Pembakaran dengan udara kurang

Dikatakan campuran *rich*. Pembakaran ini menghasilkan api reduksi. Api reduksi ditandai oleh lidah api panjang, kadang-kadang sampai terlihat berasap. Keadaan ini juga disebut pembakaran tidak sempurna.

Pada proses ini terjadi perpindahan panas berkurang dan panas hilang karena bahan bakar berlebih serta ada bahan bakar yang tak terbakar di samping terdapat hasil pembakaran seperti CO, CO₂, Uap air, dan N₂.

- b. Pembakaran dengan udara berlebih.

Dikatakan campuran *lean*. Pembakaran ini menghasilkan api oksidasi. Pada proses ini terjadi perpindahan panas berkurang dan panas hilang karena udara berlebih serta hasil pembakaran seperti CO₂, Uap air, O₂ dan N₂.

- c. Pembakaran dengan udara optimum

Pada proses ini terjadi perpindahan panas yang maksimum dan panas yang hilang minimum serta terdapatnya hasil pembakaran seperti CO₂, Uap air, dan N₂. Dalam pembakaran, ada pengertian udara primer yaitu udara yang dicampurkan dengan bahan bakar di dalam burner (sebelum pembakaran) dan udara sekunder yaitu udara yang dimasukkan dalam ruang pembakaran setelah *burner*, melalui ruang sekitar ujung burner atau melalui tempat lain pada dinding dapur.

Pada umumnya bahan bakar telah berubah menjadi uap (*combustible vapor*) sebelum terbakar. Untuk mempercepat terjadinya “combustible vapor” diperlukan proses pengabutan. Butiran-butiran kabut tersebut luas permukaannya menjadi sangat besar, hingga mempercepat penguapan.

2.6.2. Pembakaran Tiga T

Tujuan dari pembakaran yang baik adalah melepaskan seluruh panas yang terdapat dalam bahan bakar. Hal ini dilakukan dengan pengontrolan “tiga T” pembakaran yaitu :

1. *Temperature*, suhu yang cukup tinggi untuk menyalakan dan menjaga penyalaan bahan bakar,
2. *Turbulence*, Turbulensi atau pencampuran oksigen dan bahan bakar yang baik, dan
3. *Time*, Waktu yang cukup untuk pembakaran yang sempurna.

Bahan bakar yang umum digunakan seperti gas alam dan propan biasanya terdiri dari karbon dan hidrogen. Uap air merupakan produk samping pembakaran hidrogen, yang dapat mengambil panas dari gas buang, yang mungkin dapat digunakan untuk transfer panas lebih lanjut.

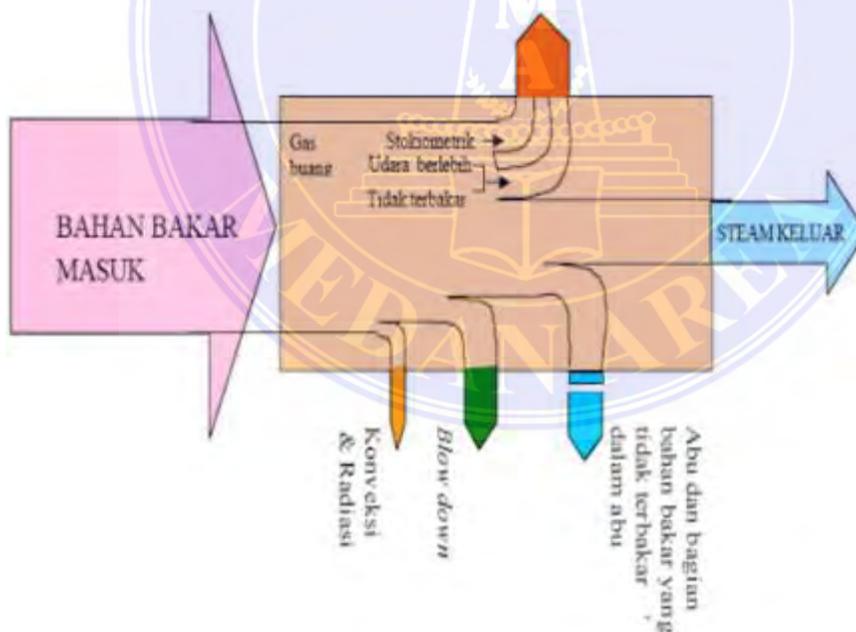
Gas alam mengandung lebih banyak hidrogen dan lebih sedikit karbon per kg daripada bahan bakar minyak, sehingga akan memproduksi lebih banyak uap air. Sebagai akibatnya, akan lebih banyak panas yang terbawa pada pembuangan saat membakar gas alam.

2.7. Neraca Kalor

Proses pembakaran dalam ketel uap dapat digambarkan dalam bentuk diagram alir energy atau diagram *Sankey*. Gambar 9 menggambarkan secara grafis tentang bagaimana energi masuk dari bahan bakar diubah menjadi aliran energi dengan berbagai kegunaan dan menjadi aliran kehilangan panas dan energi.

Neraca kalor atau neraca energi adalah perimbangan antara energy masuk (input) dengan energy berguna (output) dan kehilangan energy (loses). Sebagai energy masuk atau suplai energy (Q_{in}) adalah jumlah energy hasil pembakaran bahan bakar.

Neraca panas merupakan keseimbangan energi total yang masuk ketel uap terhadap yang meninggalkan ketel uap dalam bentuk yang berbeda. Tujuan dari pengkajian energi mengurangi kehilangan energi yang dapat dihindari, dengan meningkatkan efisiensi energy (Unep,2006).



Gambar 2.9.

Diagram Sankey

Ketel Uap (sumber : Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia-

www.energyefficiencyasia.org)

Pada gambar 2.9. panah tebal menunjukkan jumlah energi yang dikandung

dalam aliran masing-masing serta memberikan gambaran berbagai kehilangan yang terjadi pada ketel uap. Energi yang masuk ketel uap merupakan energi yang berasal dari bahan bakar, ada beberapa energi yang hilang selama proses pembakaran bahan bakar terjadi seperti terlihat pada beberapa gambar panah berwarna oranye, biru, hijau dan kuning, sedangkan jumlah uap yang keluar merupakan energi yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar dan proses penguapan yang terjadi pada ketel

1. Efisiensi boiler

Efisiensi boiler dapat dihitung dengan dua cara, yaitu :

1. Metode langsung

$$\text{Efisiensi Boiler (\%)} = \frac{Q \times (H_g - H_f)}{q \times GCV} \times 100$$

Parameter yang di pantau untuk perhitungan efisiensi boiler dengan metode langsung adalah

:

- a. Jumlah steam yang di hasilkan per jam (Q) dalam kg/jam.
- b. Jumlah bahan bakar yang di gunakan per jam (Q) dalam kg/jam.
- c. Tekanan kerja (dalam bar) dan suhu lewat panas (oC), jika ada.
- d. Suhu air umpan(oC).

e. Jenis bahan bakar dan nilai panas kotor bahan bakar atau *Gross Calories Value* (GVC) dalam kkal/kg bahan bakar.

2. Metode tidak langsung

Yang dimaksud dengan perhitungan efisiensi boiler tidak langsung adalah perhitungan yang tidak langsung melibatkan komponen utama rumusan efisiensi boiler yakni energi output dan input, melainkan dengan jalan menghitung kerugian-kerugian yang ada. Perhitungan efisiensi tidak langsung dilakukan dengan cara terbalik yakni fokus ke parameter-parameter *losses* serta *energy credit* Yang dimaksud dengan kredit energi adalah energi-energi sekunder yang masuk ke boiler selain energi primer dari bahan bakar. Sedangkan *losses* adalah parameter-parameter energi terbuang yang tidak terkonversikan menjadi energi panas di dalam uap air. Petunjuk perhitungan dan pengukuran dari parameter-parameter tersebut sangat detail dijabarkan melalui standardisasi.

Metode tidak langsung dilakukan dengan sangat detail pada setiap parameter yang diukur, sehingga tingkat keakuratannya dianggap jauh lebih baik dibandingkan dengan metode langsung. Namun tentu metode tidak langsung ini membutuhkan biaya yang lebih besar karena membutuhkan peralatan-peralatan khusus di dalamnya. Atas dasar itulah banyak yang menganggap metode tidak langsung ini lebih cocok digunakan pada boiler-boiler skala besar, dan tentu tidak terlalu cocok digunakan untuk menghitung efisiensi boiler kecil.

Secara praktis efisiensi boiler dapat dihitung dengan menggunakan grafik rugi-rugi panas dan eksese udara. Dalam hal ini penulis akan mempergunakan metode langsung dalam melakukan perhitungan untuk mengetahui efisiensi yang terjadi pada boiler.

Proses yang terjadi pada boiler adalah air yang masuk ke dalam boiler dipanaskan hingga menjadi uap, maka panas yang dibutuhkan oleh boiler untuk memanaskan air sampai menjadi uap

denagan kapasitas produksi uap pada boiler 1 Ton, Secara teoritis kesetimbangan energynya di tuliskan sebagai berikut

$$Q + h_{in} = h_{out} + W \quad (2.1)$$

Karena tidak ada kerja yang terjadi di dalam boiler maka $W = 0$ sehingga persamaan tersebut menjadi $Q + h_{out} - h_{in}$. Kondisi tersebut adalah kondisi aktual, dimana $h_{in} = h_1$ dan $h_{out} - h_2$. Jadi banyaknya panas yang dibutuhkan untuk memanaskan air sampai menjadi uap dengan kapasitas produksi uap pada boiler 1 Ton maka :

$$Q_{in} = S (h_2 - h_1) \quad (2.2)$$

Sehingga untuk mendapatkan panas yang dihasilkan oleh boiler dituliskan sebagai berikut :

$$\dot{M} = p_{air} \times Q_{air} \quad (2.3)$$

$$Q_{boiler} - \dot{m} (h_2 - h_1)$$

Untuk proses pembakaran pada boiler digunakan bahan bakar campuran cangkang dan ampas tebu sehingga jumlah pemakain bahan bakar, B_e (kg bahan bakar/jam) dapat dihitung, secara matematis dituliskan sebagai berikut :

$$B_e = \frac{Q}{N_{KB}} \quad (2.4)$$

Perbandingan jumlah uap yang dihasilkan terhadap pemakaian bahan bakar, E (kg uap/kg bahan bakar).

$$E = \frac{S}{B_e} \quad (2.5)$$

Sehingga panas yang dihasilkan oleh bahan bakar secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Q_{bahanbakar} = \dot{M} \times N_{KB} \times 100\% \quad (2.6)$$

Kemudian untuk menentukan efisiensi boiler berdasarkan rumus yang telah diketahui dapat dituliskan sebagai berikut :

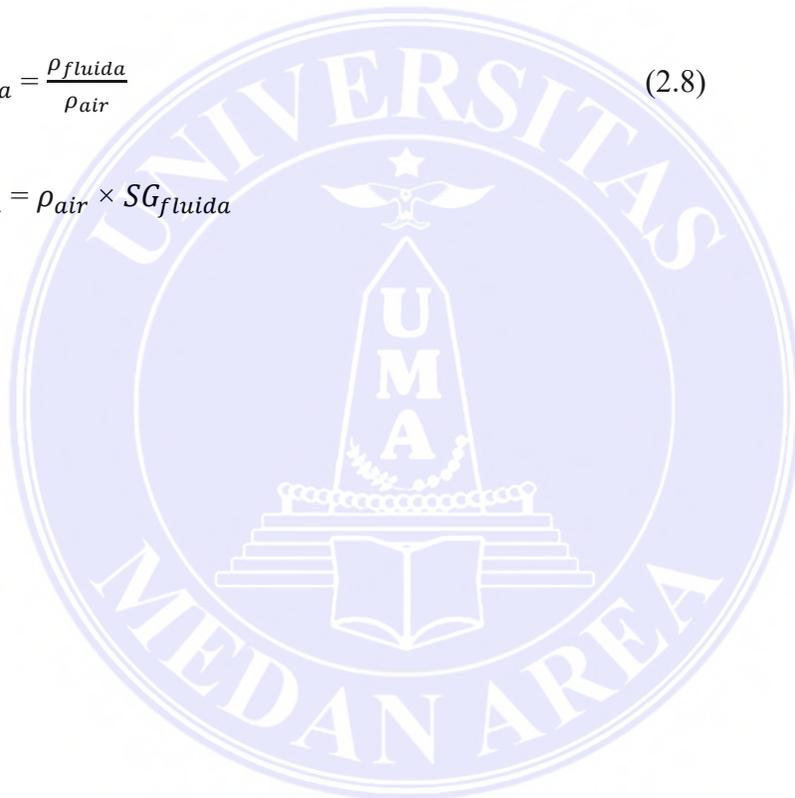
$$\eta_{BOILER} = \frac{Q_{BOILER}}{Q_{BAHANBAKAR}} \times 100\% \quad (2.7)$$

Spesifik gravity (SG) merupakan perbandingan densitas suatu fluida terhadap fluida standart (*reference*), dan untuk menentukan massa jenis fluida dapat di rumuskan sebagai berikut

:

$$SG_{fluida} = \frac{\rho_{fluida}}{\rho_{air}} \quad (2.8)$$

$$\rho_{fluida} = \rho_{air} \times SG_{fluida}$$



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

1.1.1. Waktu

Penelitian ini dilakukan pada waktu semester delapan tahun ajaran 2018 – 2019 dan di perkirakan akan selesai selama kurang lebih 6 bulan.

1.1.2. Tempat

Berikut ini merupakan tempat – tempat yang di jadikan tempat pelaksanaan tugas akhir antara lain adalah sebagai berikut:

1. Kampus UMA

Uniersitas Medan Area merupakan tempat penulis melaksanakan pengerjaan tugas sarjana berupa pembimbingan dari dosen pembimbing, pengambilan referensi perpustakaan, searching internet untuk pencarian bahan bahan yang berkaitan dengan tugas akhir.

2. Industri

PT.Perkebunan Nusantara IV Kebun Timur dan PT. Perkebunan Nusatara II merupakan tempat penulis meminta data data spesifikasi, performance dan kegunaan boiler serta meminta bimbingan karyawan dan asisten manager teknik dari industri yang bersangkutan.

Penelitian menggunakan metode pengambilan sampel ampas tebu dan cangang yang merupakan hasil samping pengolahan tebu dan kelapa sawit pada pabrik kelapa sawit PT. Perkebunan Nusantara IV dan pabrik gula PT. Perkebunan Nusantara II. Sampel diambil sebanyak

4 kali, dan masing-masing sampel akan diuji untuk mengetahui nilai jumlah nilai kalor yang terkandung pada cangkang dan ampas tebu. Di saat yang sama juga akan diamati kondisi uap hasil output ketel yang berupa tekanan dan suhu uap. Hasil dari semua pengamatan kemudian akan diolah untuk mendapatkan efisiensi ketel uap. Seluruh penelitian dilakukan di PT. Perkebunan Nusantara IV dan bekerjasama dengan bagian pabrikasi dan instalasi pabrik. Urutan pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1) Pengambilan sampel ampas dan cangkang kelapa sawit

Pengambilan sampel ampas tebu cangkang dilakukan di bagian terakhir, atau di tempat ketika ampas tebu dan cangkang akan masuk ke ruang bakar ketel uap.

2) Pengamatan/pencatatan kondisi uap kering.

Untuk pengamatan uap dilakukan bersamaan waktunya dengan pengambilan sampel ampas dan cangkang. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan korelasi antara kondisi ampas tebu dan cangkang dengan kondisi uap hasil dari pembakaran percampuran antara ampas tebu dan cangkang kelapa sawit sebagai bahan bakar ketel uap. Pengamatan uap dilakukan untuk mengetahui tekanan uap dan suhu uap yang keluar dari ketel uap menuju turbin uap.

3.2 Alat dan Bahan

Dibawah ini merupakan alat dan bahan yang digunakan dalam melaksanakan penelitian.

3.2.1. Alat

1. Bom Kalori Meter

Bom calorimeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur jumlah kalor (nilai kalor) yang dibebaskan pada pembakaran sempurna (dalam O_2 berlebih) suatu senyawa, bahan makanan, bahan bakar. Sejumlah sample ditempatkan pada tabung beroksigen yang tercelup dalam medium (kalorimeter) dan sample akan terbakar oleh api listrik dari kawat logam terpasang dalam tabun. Seperti yang diperlihatkan pada gambar 3.1. sebagai berikut.



Gambar 3.1. Bom

Kalorimeter

2. Thermometer Laboratorium

Gambar 3.2. merupakan thermometer laboratorium yang berfungsi untuk mengukur suhu dingin atau air yang sedang dipanaskan.



Gambar 3.2.
Thermometer
Laboratorium

3. Timbangan Digital

Gambar 3.3. merupakan timbangan digital yang berfungsi untuk menimbang massa suatu benda. dengan ketelitian 0,1 gram -1,2 kg



Gambar 3.3. Timbangan Digital

3.2.2. Bahan

1. Cangkang (*Shell*) Kelapa Sawit

Gambar 3.4. merupakan cangkang (shell) kelapa sawit yang digunakan sebagai material uji coba.yang diperoleh dari PT.Perkebunan Nusantara IV,dengan jumlah sample sebanyak1 kg.



Gambar 3.4. Cangkang (*Shell*) Kelapa Sawit

2. Ampas Tebu (*Bagasse*)

Gambar 3.5. merupakan ampas tebu (*bagasse*) yang digunakan sebagai material uji coba. Diperoleh dari PT. Perkebunan Nusantara II, dengan jumlah sample 1 kg.



Gambar 3.5. Ampas Tebu (*Bagasse*)

3.3. Langkah-Langkah Pengujian

Langkah – langkah yang di lakukan dalam melakukan analisa ini,adalah sebagai berikut.

1. Mulai

Mengunjungi lokasi tempat penulis akan mengambil sample yaitu di PT.Perkebunan Nusantara IV dan di PT.Perkebunan Nusantara II.

2. Studi Lapangan

Melakukan survey dan studi di Industri PT. Perkebunan Nusantara IV dan di PT.Perkebunan Nusantara II. selama 3 bulan untuk memahami cara kerja boiler dan komponen komponen boiler secara langsung. Melihat proses kerja pada mesin boiler. dan juga mengambil sample di industri tersebut sebanyak 1 kg untuk masing-masing sample. Lalu sample yang di bawa ke lab politeknik negeri medan untuk dilakukannya pengujian pembakaran secara langsung yang terjadi pada ruang bakar bom kalori meter mulai dari proses pembakaran cangkang dan ampas tebu maupun pembakaran dari pencampuran antara bahan bakar ampas tebu dan cangkang hingga bahan bakar dimasukan kedalam mesin bom kalori meter.

3. Data cangkang dan ampas tebu

Data yang di ambil ditunjukkan pada tabel 3.1.

Table 3.1. Kondisi Operasi Ketel Uap (Boiler) Pada Industri kelapa sawit dan tebu.

No	Uraian	Keterangan
----	--------	------------

1	Jenis Pipa	Pipa Air
2	Kapasitas Uap Operasi	1 ton/jam
3	Macam Bahan Bakar	Cangkang dan Ampas Tebu
4	Temperatur Air Didalam Boiler	80° C
5	Temperatur Air Uap Keluar	120° C
6	Tekanan Air Masuk	353 K
7	Tekanan Uap Keluar	0,7 MP _a
8	Tekanan Air Pompa	5.1 kgcm ²
9	Debit Air	5 m ³ /jam
10	Operasi	24 jam/hari

1. Metode analisa yang di lakukan meliputi :

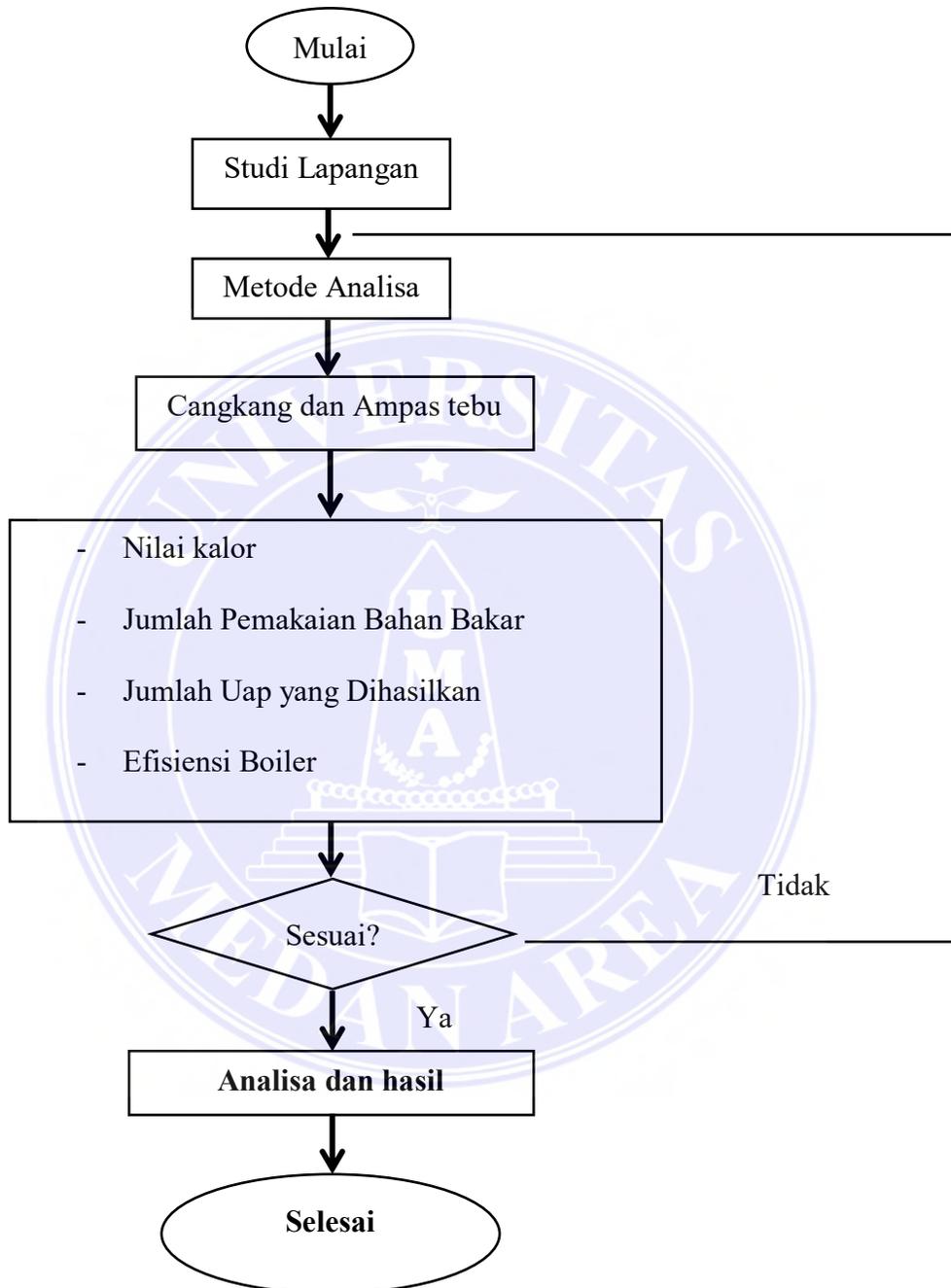
- Jumlah pemakaian bahan bakar/jam
- Jumlah uap yang di hasilkan terhadap pemakaian bahan bakar
- Perhitungan kalor yang di hasilkan dari percampuran bahan bakar cangkang dan ampas tebu
- Efisiensi boiler

2. Analisa dan Perhitungan Data Hasil Pengujian

Setelah dilakukan pengambilan data kemudian data tersebut di analisa untuk mendapatkan hasil efisiensi bahan bakar boiler pipa air kapasitas 2ton/jam menggunakan bahan bakar campuran cangkang kelapa sawit dan ampas tebu

3.4. Diagram Alir Analisis

Gambar 3.6. merupakan diagram alir dari analisa pengujian.



rendah tetapi pemakaian bahan bakarnya tinggi sedangkan dengan pemakaian bahan bakar cangkang 100% mempunyai efisiensi yang tinggi tetapi pemakaian bahan bakarnya lebih rendah dibandingkan bahan bakar ampas tebu 100%, campuran ampas tebu 70% cangkang 30% dan campuran cangkang 70% dan ampas tebu 30%.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa dengan penggunaan bahan bakar cangkang 100% mempunyai nilai efisiensi yang lebih tinggi yaitu 57% dari pada bahan bakar ampas tebu 100%, campuran ampas tebu 70% dan cangkang 30%, dan campuran cangkang 70% dan ampas tebu 30%. sehingga kinerja mesin boiler berbahan bakar cangkang 100% lebih baik dari pada mesin boiler berbahan bakar ampas tebu 100%, campuran ampas tebu 70% dan cangkang 30%, dan juga campuran cangkang 70% dan ampas tebu 30% . pada penggunaan bahan bakar ampas tebu 100%, campuran ampas tebu 70% dan cangkang 30%, dan juga campuran cangkang 70% dan ampas tebu 30% resiko terjadinya pembentukan kerak dan jelaga sangat besar dikarenakan bahan bakar ampas tebu 100%, campuran ampas tebu 70% dan cangkang 30%, dan juga campuran cangkang 70% dan ampas tebu 30% memiliki unsur sulfur yang lebih banyak dari pada bahan bakar campuran cangkang 100% sehingga harus sering dilakukan perawatan minimal 1 minggu sekali sedangkan dengan penggunaan bahan bakar campuran cangkang 100% risikonya lebih kecil sehingga perawatannya cukup 2 minggu sekali. Jadi perubahan pemakaian bahan bakar dari ampas tebu 100%, campuran ampas tebu 70% dan cangkang 30%, dan juga campuran cangkang 70% dan ampas tebu 30% ke bahan bakar cangkang 100% dapat disimpulkan merupakan salah satu cara dalam meningkatkan efisiensi kerja mesin boiler.

5.2. SARAN

Penulis menyarankan agar untuk lebih meningkatkan lagi efisiensi kerja mesin boiler tersebut adalah dengan melakukan pengolahan / perawatan arena memproduksi uap panas yang berkualitas salah satunya tergantung pada pengolahan / perawatan yang benar untuk mengendalikan kemurnian uap panas, endapan, dan korosi walaupun akan ada biaya yang lebih, dan juga harus dilakukan pengontrolan dan pembersihan yang rutin terhadap komponen-

komponen mesin boiler tersebut terutama pada komponen yang terkait dalam meningkatkan efisiensi kerja mesin boiler tersebut.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Puspawan, N. I. Supardil and A. Suandi, "Analysis of Fuel Heating Value of Fibers and Shell Palm Oil (*Elaeis Guineensis* Jacq) on Fire Tube Boiler "Takuma Brands)," *Jurnal Ilmiah Bidang Sains-Teknologi Murni Disiplin dan Antar Disiplin*, pp. ISSN No. : 1978-8819, 2016.
- [2] Nazaruddin, "OPTIMASI BAHAN BAKAR UNTUK MENGETAHUI KINERJA BOILER," *Volume 5 Nomor 2*, 2017.
- [3] Statistik Perkebunan Indonesia, 2016.
- [4] N. P. S. F. S. N. P. P. Andi Haryanti, "Konversi, Volume 3 No.2," *STUDI PEMANFAATAN LIMBAH PADAT KELAPA SAWIT*, 2014.
- [5] D. D. S. R. D. W. Muhammad Gifani Al Qadry, "Vol. 16 No. 2 Desember 2018," *KAREKTERISTIK DAN UJI PEMBAKARAN BIOPELET*, 2018.
- [6] E. Hugot, *Handbook of Cane Sugar Engineering*, 3rd Edition, New York: Publishing Company, 1986.
- [7] Bernard, *Efisiensi dan Optimasi Bahan Bakar Boiler*, Ukui: PT. Sari Lembah Subur, 2002.
- [8] Yunaidi, "RATIH VOL.1 Edisi 1," *PENGARUH KANDUNGAN AIR PADA AMPAS TEBU TERHADAPA PEFISIENSI KETEL UAP DI PABRIK GULA MADU BARU YOGYAKARTA*, 2015.
- [9] E. Hugot, 3rd Edition, New York: Publishing company, 1986.
- [10] M. E. Simanjuntak, "JURNAL INOVTEK POLBENG, VOL. 8, NO. 2, NOVEMBER 2018ISSN 2088-6225," *STUDI NUMERIK 2D PEMBAKARAN CANGKANG KELAPA*, 2018.