

Analisis Pengaruh *Input* Nilai Kalor Batubara Terhadap Kinerja Boiler Tipe CFB Pada PLTU PT. Antam Tbk

Jumadi Tangko¹, Yiyin Klistafani^{2*}, dan Esra Marthen³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia
*yiyin_klistafani@poliupg.ac.id

Abstract: boiler is a closed vessel where the heat of combustion is transferred to the water until it forms hot steam or steam. The boiler used in the PT ANTAM PLTU is a CFB type, where the operator at the PLTU ANTAM Tbk performs heating value input to determine the amount of coal and combustion air used. The analysis of the effect of the input heating value is expected to be taken into consideration in knowing the effect of the heating value input which is different from the heating value of coal supplied to the furnace, which is viewed from the side of pressure and temperature, which affects the physical boiler, boiler work efficiency, heat losses in the boiler, and also boiler life time. From the results of research and analysis of efficiency calculations where there is the largest difference in the value of efficiency directly at 1.161935% at the start of operation and 1.20276% in March 2020 between calculations with GCV of coal and input of heating value. Meanwhile, the largest difference in efficiency was indirectly 0.085689% at the start of operation and 0.09224% in March 2020. Meanwhile, the largest difference in total heat losses at the beginning of operation was 0.09245% and in March 2020 was 0.69317%.

Key words: Boiler, CFB, Calorific value input, Efficiency.

Abstrak: Boiler adalah suatu bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuknya uap panas atau *steam*. Boiler yang digunakan pada PLTU PT ANTAM merupakan tipe CFB, dimana operator pada PLTU ANTAM Tbk melakukan penginputan nilai kalor untuk menentukan jumlah batubara dan udara pembakaran yang digunakan. Analisis pengaruh input nilai kalor diharapkan menjadi bahan pertimbangan dalam mengetahui pengaruh input nilai kalor berbeda dengan nilai kalor batubara yang *disupply* ke dalam *furnace*, yang ditinjau dari sisi *pressure* dan *temperature*, yang berpengaruh kepada fisik boiler, efisiensi kerja *boiler*, rugi-rugi panas pada *boiler* dan juga *life time* boiler. Dari hasil penelitian dan analisis perhitungan efisiensi dimana terdapat perbedaan nilai efisiensi terbesar secara langsung sebesar 1,161935% pada awal operasi dan sebesar 1,20276 % pada Maret 2020 antara perhitungan dengan GCV batubara dan input nilai kalor. Sedangkan perbedaan efisiensi terbesar secara tidak langsung sebesar 0,085689% pada awal operasi dan 0,09224% pada Maret 2020. Sedangkan perbedaan rugi-rugi panas total terbesar pada awal operasi sebesar 0,09245% dan pada Maret 2020 sebesar 0,69317%.

Kata kunci: Boiler, CFB, Input nilai kalor, Efisiensi.

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan listrik di Indonesia setiap tahun terus meningkat seiring bertambahnya populasi manusia dan perkembangan teknologi. Penggunaan listrik terbesar tidak hanya pada peralatan rumah tangga namun pada perusahaan-perusahaan besar. Salah satu perusahaan besar di Indonesia yang bergerak di bidang tambang adalah PT ANTAM Tbk. Dimana, salah satunya anak perusahaan yaitu PT ANTAM Tbk UBPN SULTRA yang berlokasi di Pomalaa, Sulawesi Tenggara yang bergerak di bidang pertambangan nikel. Sebagai suatu perusahaan tambang PT ANTAM Tbk membutuhkan listrik untuk menunjang agar hasil tambang bisa maksimal.

PT ANTAM Tbk UBPN SULTRA sendiri membutuhkan listrik untuk proses peleburan feronikel pada pabrik, perumahan karyawan dan *auxelery* pembangkitnya. Melihat kebutuhan listrik yang besar, maka pada tahun 2016 dioperasikan sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang berlokasi di Pomalaa. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) PT ANTAM Tbk ini berkapasitas 2 ×

30 MW. Sebuah pembangkit listrik membutuhkan *equipment-equipment* atau komponen yang akan membantu dalam menghasilkan listrik. Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) salah satu komponen utama yaitu Boiler.

Ketel uap (boiler) adalah sebuah alat untuk menghasilkan uap, yang terdiri atas dua bagian penting yaitu dapur pemanasan untuk menghasilkan panas yang didapat dari pembakaran bahan bakar dan *boiler proper* untuk mengubah air menjadi uap [1]. Boiler yang digunakan pada PLTU berbeda-beda, itu akan disesuaikan dengan design PLTUnya sendiri dan juga jenis bahan bakar yang akan digunakan. Boiler yang di gunakan pada PLTU PT ANTAM Tbk adalah boiler tipe *CFB* (*Circulating Fluidized Bed*), yang menggunakan bahan bakar batubara. Boiler tipe *CFB* tidak menggunakan bahan bakar batubara serbuk pada *furnace* tetapi masih berukuran lebih besar yaitu 2 mm - 5 mm, batubara akan tersirkulasi di dalam *furnace* selama pembakaran sampai habis terbakar dan menjadi *fly ash*. Menurut [2] boiler pada prinsipnya dibagi menjadi 2 yaitu boiler pipa api (*fire tube boiler*) dan boiler pipa air (*water tube boiler*).

Kinerja sebuah boiler perlu untuk diketahui untuk mengevaluasi kemampuan boiler dalam menghasilkan uap. Kinerja suatu boiler diperoleh dengan menghitung nilai efisiensinya, yang dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti tekanan pada komponennya, temperatur dan tekanan air pengumpannya, usia pemakaian boiler dan jumlah bahan bakar yang digunakan serta nilai kalor bahan bakar, sehingga perlu diperhatikan kualitas dari bahan bakar yang digunakan. Sedangkan menurut [3] faktor-faktor yang mempengaruhi nilai efisiensi boiler antara lain laju aliran uap, tekanan dan temperatur air masuk boiler, serta tekanan dan temperatur uap keluar boiler.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh [4] dalam penelitian kasusnya yang menjadikan PT. PLN (Persero) Unit PLTU Barru sebagai bahan acuan penelitian yang berjudul "Evaluasi Kinerja Boiler *Combustion Fluidized Bed* (*CFB*) di PT. PLN (Persero) Unit PLTU Barru" dengan melihat perbedaan beban yang dibangkitkan menyatakan bahwa penurunan kinerja boiler tipe *CFB* disebabkan oleh tingginya kehilangan panas, dikarenakan kandungan H_2 yang tinggi dalam bahan bakar. Sedangkan berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh [5], dalam penelitiannya yang menjadikan PLTU Unit 1 PT. Semen Tonasa sebagai bahan acuan penelitian yang berjudul "Analisis Kinerja Boiler Pada PLTU Unit 1 PT. Semen Tonasa" menyatakan bahwa penurunan efisiensi boiler disebabkan karena nilai kalor dari batubara, kandungan air dalam batubara, temperatur gas buang kering, umur pakai (*life time*) dari boiler.

Dari hasil penelitian terdahulu tersebut, salah satu faktor penurunan efisiensi dari boiler yaitu nilai kalor dari batubara dan kandungan air dari batubara, hal ini merujuk kepada kualitas dari batubara yang digunakan untuk proses pembakaran. Batubara yang digunakan harus disesuaikan dengan jenis boiler pada sebuah PLTU, guna tetap mempertahankan efisiensi atau kinerja dari boiler. Batubara perlu dianalisis terlebih dahulu yang disesuaikan dengan spesifikasi dan kemampuan boiler.

Operator pada PLTU ANTAM Tbk melakukan penginputan nilai kalor untuk menentukan jumlah batubara dan udara pembakaran yang digunakan, namun terkadang nilai kalor yang diinput beda dengan nilai kalor batubara yang di *supply* ke dalam *furnace*, yang bisa berpengaruh kepada kinerja boiler yang digunakan.

Maka dari itu perlu dilakukan penelitian dan analisis untuk melihat bagaimana pengaruh input nilai kalor yang dilakukan ketika beerbeda dengan nilai kalor batu bara yang digunakan ditinjau dari nilai efisiensi boiler baik secara langsung maupun tidak langsung.

II. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

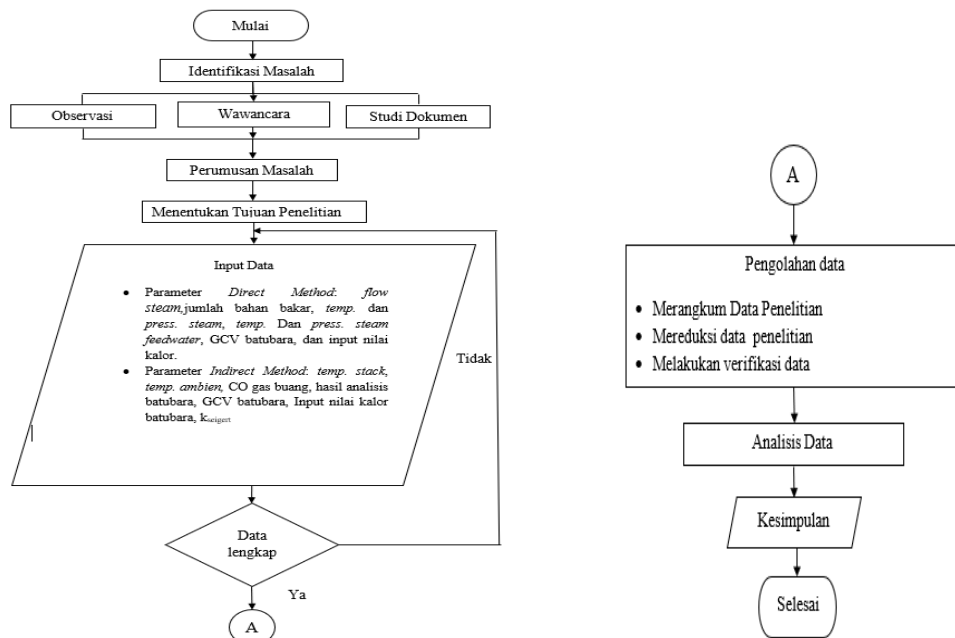
Penelitian serta pengambilan data dilakukan di Unit 1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) PT ANTAM Tbk, Pomalaa. Dan analisa data dilaksanakan di Laboratorium Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Boiler tipe *CFB* pada PLTU PT ANTAM Tbk. dengan spesifikasi boiler

Item	Unit	
Type	-	Circulating Fluidized Bed (CFB), Natural Circulating
Main Steam at SH Outlet (BMCR Condition)		
Flow	Ton/hr	125
Pressure	MPaG	10,3
Temperature	degC	541
Feedwater at Economizer Inlet Temperature	degC	232
Spray water temperature	degC	232
Design pressure at steam drum	MPaG	13,7
Ambient air temperature, (Performance)	degC	30
Relative Humidity, (Performance)	%	90
Flue gas exit temperature at gas air heater	degC	160
Draft System	-	Balanced draft

B. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dapat dilihat pada *flowchart* berikut:



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Pengumpulan data dilakukan untuk menentukan *flow steam*, jumlah bahan bakar, *temp.* dan *press. steam*, *temperature* dan *pressure steam feedwater*, GCV batubara, dan input nilai kalor *temperature stack*, *temperature ambien*, CO gas buang, hasil analisis batubara, GCV batubara, input nilai kalor batubara, $k_{seigert}$. Setelah itu dilakukan perhitungan efisiensi boiler dengan metode langsung dan tidak langsung kemudian penarikan kesimpulan.

C. Analisa Efisiensi Boiler

Menurut [6] efisiensi termis boiler didefinisikan sebagai “persen energi (panas) masuk yang digunakan secara efektif pada *steam* yang dihasilkan. Dan menurut [7] efisiensi boiler yaitu mengukur seberapa besar kemampuan boiler untuk mengkonversikan nilai energi kimia yang terkandung dalam bahan bakar menjadi energi panas.

Langkah Analisa Data

1. Menghitung Efisiensi Secara Langsung

Menurut [7] menghitung efisiensi secara langsung dengan persamaan:

$$\eta = \frac{\dot{m}_u (h_s - h_w)}{\dot{m}_{RR} \times HHV_{RR}} \times 100\%$$

2. Menghitung Efisiensi Secara Tidak Langsung

Menurut [8] menghitung efisiensi secara tidak langsung dengan persamaan:

a. Menghitung pasokan udara berlebih (EA):

$$EA = (O_2 \times 100) / (21 - O_2)$$

b. Menghitung kebutuhan udara teoritis (TAR)

$$TAR = [11 \times C + \{34,5 \times (H_2 - O_2/8)\} + 4,32 \times S] / 100$$

c. Menghitung massa udara aktual yang dipasok (AAS)

$$AAS = \{1 + AE/100\} \times TAR$$

d. Menghitung persen panas yang hilang karena gas buang kering (L_1)

$$L_1 = \{k_{seigert} \times T_f - T_a\} / \text{persen } CO_2$$

e. Menghitung panas yang hilang karena penguapan air yang terbentuk dari H_2 dalam bahan bakar (L_2)

$$L_2 = [9 \times H_2 \{ 584 + 0,45 (T_f - T_a) \}] / \text{GCV bahan bakar}$$

f. Menghitung persen panas yang hilang karena penguapan air dalam bahan bakar (L_3)

$$L_3 = [M_c \times \{584 + 0,45 \times (T_f - T_a)\}] / \text{GCV bahan bakar}$$

g. Menghitung persen panas yang hilang karena kadar air dalam udara (L_4)

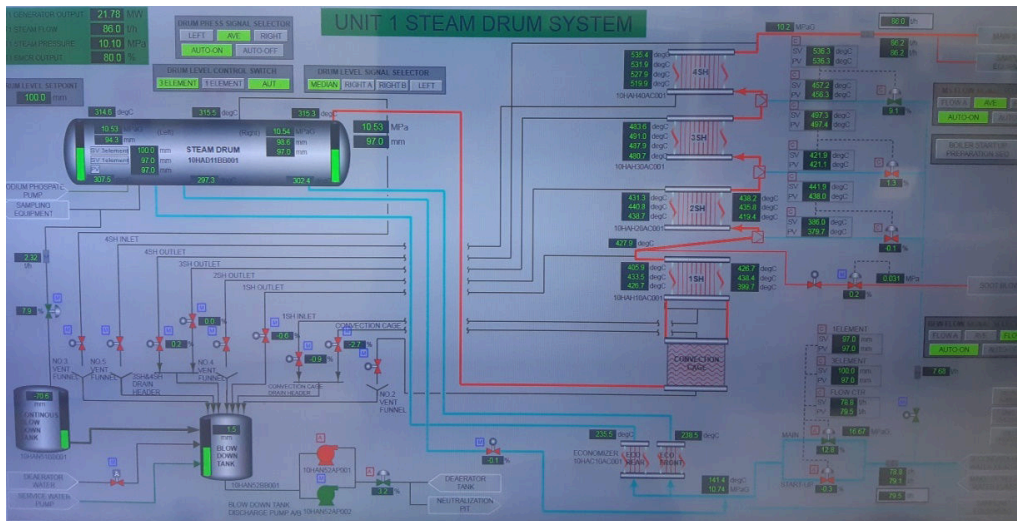
$$L_4 = \{ AAS \times M_a \times 0,45 (T_f - T_a) \times 100 \} / \text{GCV bahan bakar}$$

h. Menghitung kehilangan total (L_{total})

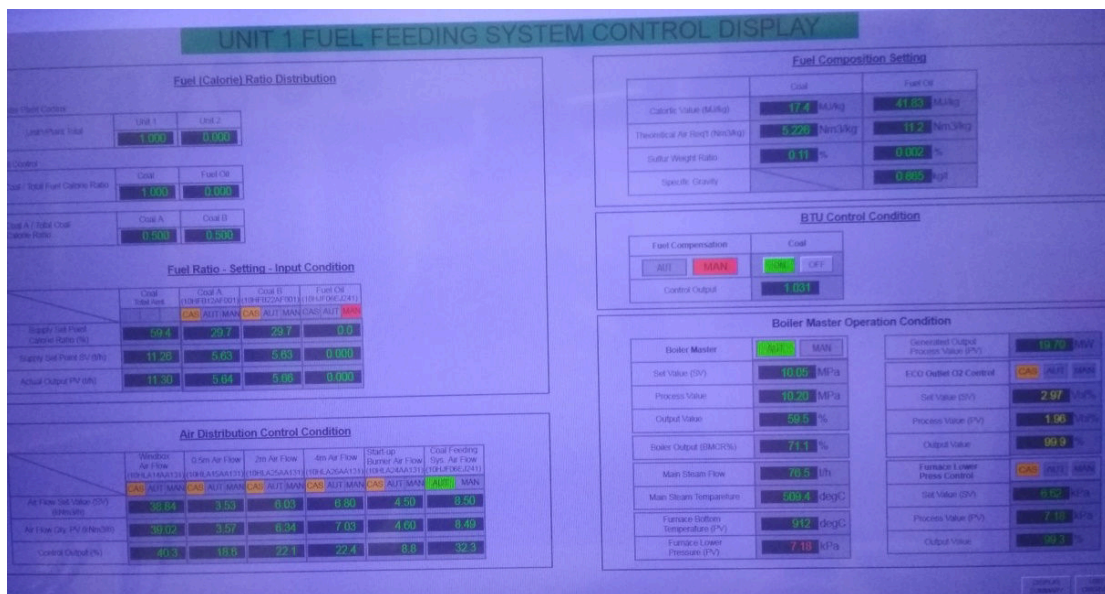
$$L_{total} = (\Sigma \text{rugi-rugi} - \text{rugi panas dalam pengoperasian boiler})$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sistem PLTU



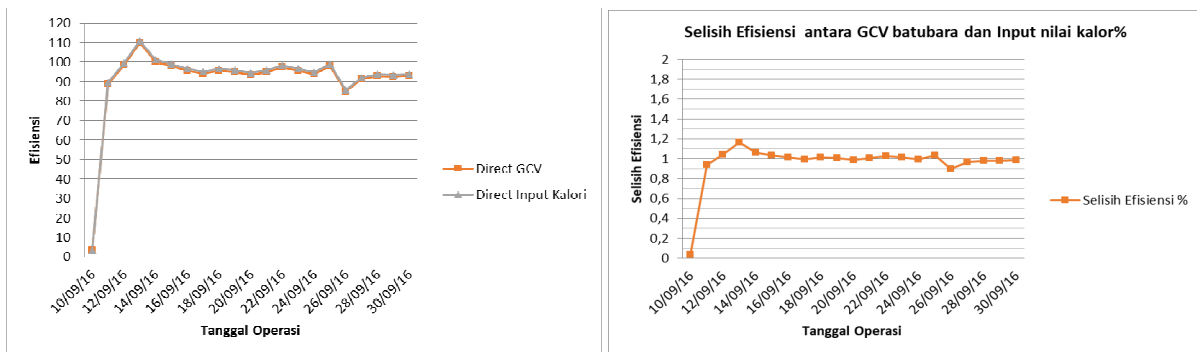
Gambar 2. Steam drum system untuk data parameter efisiensi secara *direct Calculation*.



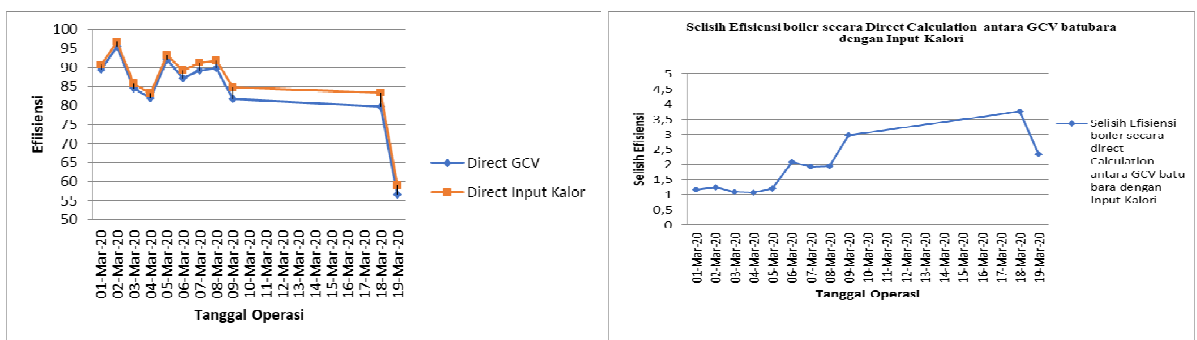
Gambar 3. Fuel feeding system untuk data jumlah *flow* bahan bakar yang digunakan.

B. Pembahasan

Dari hasil analisa, maka dapat dilihat perbandingan efisiensi boiler secara langsung (*direct calculation*) ketika dilakukan input nilai kalor, yaitu :



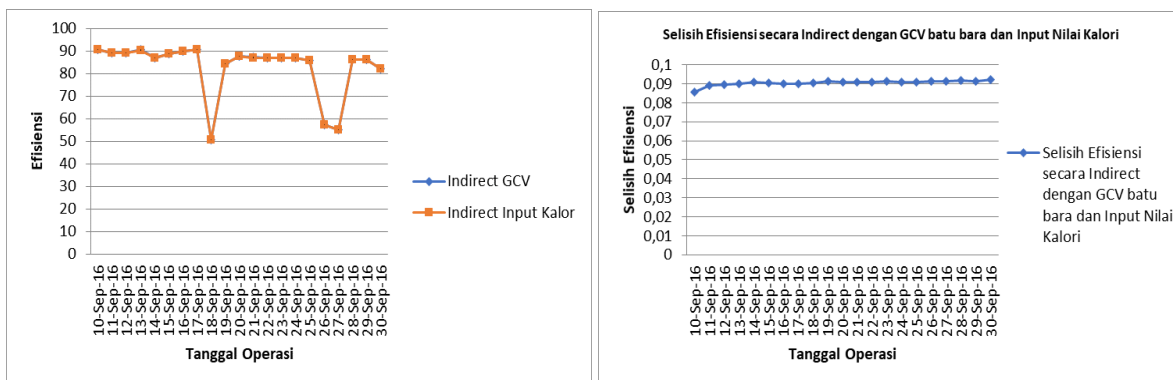
Gambar 4. Grafik perbandingan efisiensi secara *direct calculation* dengan nilai GCV batubara dan input nilai kalor pada awal operasi tanggal 10-30 September 2016.



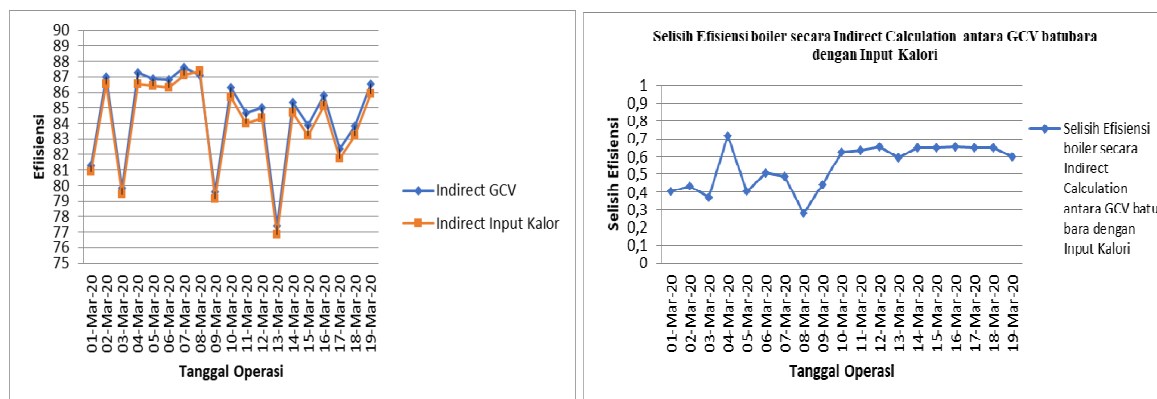
Gambar 5. Grafik perbandingan efisiensi secara *direct calculation* dengan nilai GCV batubara dan input nilai kalor pada 01-19 Maret 2020

Berdasarkan gambar 4 dan 5 yang merupakan perhitungan nilai efisiensi boiler dengan *direct calculation* dan selisih efisiensinya, dapat dilihat bahwa efisiensi dipengaruhi oleh input nilai kalor yang diberikan. Saat input nilai kalor diberikan tidak sama dengan nilai kalori batubara yang digunakan maka akan berpengaruh pada *flow* batubara yang digunakan untuk pembakaran, sehingga terjadi ketidakseimbangan energi yang masuk ke boiler dan energi yang keluar dari boiler. Berdasarkan data pada bulan Maret 2020 efisiensi yang diperoleh sangat besar dikarenakan produksi *steam* pada boiler sangat besar sedangkan *flow* batubara yang digunakan mengikut kepada input nilai kalor yang diatur. Dari hasil analisis untuk data pada awal operasi tanggal 10-29 September 2016 efisiensi yang diperoleh terbesar pada tanggal 11 September 2016 yaitu sebesar 111,049% dengan input nilai kalor, hal ini disebabkan karena terjadi penurunan *pressure* pada *superheater outlet steam* (uap yang menuju turbin), dan juga jumlah massa uap yang di produksi cukup besar sedangkan jumlah massa bahan bakar yang digunakan kecil, sehingga secara teoritis efisiensi yang dihasilkan sangat tinggi. Sedangkan pada 01-19 Maret 2020 efisiensi tertinggi berada pada tanggal 93,26559% dengan input kalor, dimana hal ini disebabkan karena adanya *trouble* pada *roller belt load cell* sehingga pembacaan atau penimbangan bahan bakar yang masuk ke *furnace* tidak akurat sehingga hal ini berpengaruh pada jumlah massa batubara untuk pembakaran terbaca tidak sesuai dengan keadaan aktual. Untuk pengaruh input nilai kalor belum nampak dimana efisiensinya hampir sama, tetapi ketika boiler telah digunakan beberapa tahun, pengaruh input kalor bisa terlihat seperti pada keadaan sekarang dengan hasil analisis pada data tanggal 01-19 maret 2020 yang cukup besar

Dari hasil analisa, maka dapat dilihat perbandingan efisiensi boiler secara langsung (*direct calculation*) ketika dilakukan input nilai kalor, yaitu :



Gambar 6 Grafik perbandingan efisiensi secara *indirect calculation* antara GCV batubara dengan input nilai kalor pada awal operasi pada tanggal 10-30 September 2016



Gambar 7 Grafik efisiensi perhitungan *indirect calculation* dengan nilai GCV batubara dan input nilai kalor pada 01-19 Maret 2020

Melihat gambar 6 dan 7 yang merupakan perhitungan nilai efisiensi boiler dengan *indirect calculation*, dan selisih efisiensi pada Maret 2020 diperoleh bahwa efisiensi suatu boiler dipengaruhi oleh input nilai kalor, dimana pada keadaan berbanding terbalik dengan keadaan boiler. Dimana input nilai kalor memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap rugi-rugi panas pada boiler sehingga, kinerja boiler dalam bentuk efisiensi akan menurun. Saat input yang diberikan lebih kecil dari nilai GCV batubara, maka rugi-rugi panas semakin besar, sehingga berdampak pada efisiensi boiler yang semakin kecil pula. Efisiensi boiler terbesar pada awal operasi dengan GCV batubara yaitu 90,71353% sedangkan dengan input nilai kalor sebesar 90,62721%. Dan efisiensi boiler terbesar pada Maret 2020 dengan GCV batubara sebesar 80,686270% sedangkan dengan input nilai kalor sebesar 80,28008%.

Dari hasil penelitian lewat wawancara dengan salah satu operator di PLTU PT ANTAM Tbk, menyatakan bahwa pada boiler hal yang penting diperhatikan adalah *input* harus berbanding lurus dengan *output*nya. Ketika *input* lebih tinggi dari pada *output*nya maka boiler akan bekerja keras (pembakaran meningkat, udara pembakaran meningkat) sedangkan daya yang dihasilkan itu rendah atau tetap sehingga membuat boiler bisa mengalami kerusakan (*lost fuction*). Sedangkan ketika *input* lebih rendah dan *output*nya konstan maka boiler tidak mampu bekerja menghasilkan uap, sehingga *temperature drop*, *pressure drop*, udara pembakaran tidak cukup untuk kebutuhan pembakaran dan proses pemanasan akan lama. Dari kedua kondisi ini akan berdampak besar pada *life time* boiler yang akan semakin berkurang.

Saat input nilai kalor lebih dari besar dari GCV batu batubara yang digunakan maka akan berdampak pada jumlah batu bara yang digunakan akan semakin kecil, sedangkan saat input nilai

kalori lebih kecil dari GCV batubara yang digunakan maka jumlah batubara yang digunakan akan semakin besar.

Ketika batubara yang digunakan terlalu besar maka pembakaran akan semakin besar (bahan bakar terus tersirkulasi didalam boiler) sedangkan *output* yang dihasilkan tetap sama, maka akan terjadi *melting* pada *nozzel-nozzel* dan dinding boiler akan mengalami penebalan sehingga performa boiler dalam memanaskan air akan menurun, serta terjadi keretakan pada dinding-dinding *furnace*.

Sedangkan ketika batubara yang digunakan terlalu sedikit maka boiler akan bekerja keras untuk menghasilkan *pressure* dan *temperature* yang sesuai untuk pembakaran, sehingga berdampak pada kebutuhan udara yang besar dan kebutuhan *load* yang *disetting* tidak terpenuhi. Dan pada PLTU PT ANTAM Tbk input nilai kalor yang diatur lebih kecil dari nilai GCV yang digunakan sehingga jumlah batubara akan menyesuaikan dengan berapa input nilai kalori yang diberikan (cukup besar dari seharusnya).

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan yang telah yang dilakukan maka dapat disimpulkan:

1. Dampak input nilai kalor terhadap kinerja boiler ketika tidak sesuai nilai *Gross Calorific Value* batubara yaitu: ketika input nilai kalor lebih besar maka, akan berdampak pada *flow* batu bara semakin kecil yang mengakibatkan penurunan drastis pada *pressure* serta *temperature*, sedangkan ketika input kalor lebih kecil maka, akan berdampak pada *flow* batu bara semakin besar sehingga pembakaran besar maka akan mengakibatkan *melting* pada *nozzel-nozzel* di *bottom furnace*, terjadi keretakan pada dinding-dinding *furnace* dan terjadi penebalan pada dinding/wall boiler.
2. Nilai efisiensi boiler ketika input nilai kalor berbeda dengan *GCV* batubara yang digunakan yaitu: secara *langsung* mengalami kenaikan, dimana pada September 2016 efisiensi boiler terbesar dengan input nilai kalor yaitu 111,049063% dan efisiensi boiler terbesar dengan *GCV* batubara yaitu 109,882771% sehingga selisihnya sebesar 1,161935% sedangkan pada tanggal 01-19 Maret 2020 nilai efisiensi terbesar dengan input nilai kalor sebesar 92,06283% dan nilai efisiensi terbesar dengan *GCV* batubara sebesar 93,26559% sehingga selisihnya sebesar 1,20276 % dan secara tidak langsung mengalami penurunan, dimana pada awal operasi efisiensi boiler terbesar dengan input nilai kalor yaitu 90,6881% dan efisiensi boiler terbesar dengan *GCV* batubara yaitu 90,77378% sehingga selisihnya sebesar 0,085689% sedangkan pada tanggal 01-19 Maret 2020 nilai efisiensi terbesar dengan input nilai kalor sebesar 87,356890% dan nilai efisiensi terbesar dengan *GCV* batubara sebesar 87,606103% dan selisih terbesar efisiensi yaitu sebesar 0,71994%
3. Kerugian panas terbesar yang terjadi pada boiler ketika input nilai kalor tidak sama dengan *GCV* batu bara yaitu kerugian panas karena penguapan air dalam bahan bakar antara 4,51944% - 5,20162% dan kerugian panas karena penguapan air yang terbentuk dari H_2 antara 4,41065% - 4,44989%, dimana terjadi kenaikan kerugian panas beberapa tahun terakhir sebesar $\pm 0,608871\%$ dan $\pm 0,227805\%$.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sukandi, Agus, Muhammad Idris Solahuddin, dan M. Kurniadi Rasyid dkk.2018. Analisis Pengaruh Perbedaan Nilai HHV (High Heating Value) Batubara terhadap Gas Hasil Pembakaran pada Boiler. *Jurnal Teknik Mesin – ITI*, Vol. 2, No. 2.
- [2] Sugiharto, Agus. 2016. Tinjauan Teknis Pengoperasian Dan Pemeliharaan Boiler. *Forum Teknologi*. Vol.6, N0.2, (Online), (ejurnal.ppsdmmigas.esdm.go.id/sp/index.php/swaraparta/article/niew/128), diakses 16 Januari 2020).
- [3] Pravitasari, Yolanda, Mariana B.M, dan Muhlasa Novitasari Mara. 2017. *Analisis Efisiensi Boiler Menggunakan Metode Langsung*. PRISMA FISIKA, Vol. V, No. 01, Hal. 09 – 12. Pontianak: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura.
- [4] Arham, arsyil, Muh. Yusuf Septiawan, Chanda Bhuana, Musrady Mulyadi. 2015. Evaluasi Kinerja Boiler Combustion Fluidized Bed (CFB) di PT. PLN (PERSERO) Unit PLTU Barru. *Jurnal Sinergi* No.1 2015 :75-88.
- [5] Karaeng, Christian Tallu, Iswansi, Firman, dan Muh. Nuzul. 2013. Analisa Kinerja Boiler Pada PLTU Unit 1 PT. Semen Tonasa. *Jurnal Sinergiv* No.1, 2011 :74-85.
- [6] Nurhasanah, Roswati dan Orlando Firdaus. 2016. Perbandingan Efisiensi Boiler Awal Operasi Dan Setelah Overhaul Terakhir Di Unit 5 Pltu Suralaya. *Jurnal Power Plant*.
- [7] Hendri, Suhengki, dan Panji Ramadhan.2017. Analisa Efisiensi Boiler Dengan Metode Heat Loss Sebelum Dan Sesudah Overhaul Pt. Indonesia Power Ubp Pltu Lontar Unit 3. *Jurnal Power Plant*, Vol. 4, No. 4.
- [8] United Nations Environment Programme (UNEP). 2006. *Boiler dan Pemanas Fluida Thermis*. Nairobi: United Nations Environment Programme (UNEP).