

Analisis Hidden Capacity dengan Permodelan *Gate Cycle* pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Studi Kasus Pada PLTU Air Anyir Bangka Unit 2 Kapasitas 30 MW Pt PLN (Persero)

Doni Muharom dan Atok Setiawan

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: atok_s@me.its.ac.id

Abstrak—Kebutuhan energi listrik di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahunnya, hal ini seiring dengan laju pertumbuhan ekonomi dan pertumbuhan penduduk yang cukup tinggi. Namun tingginya kebutuhan energi listrik belum mampu dipenuhi mengingat keterbatasan daya listrik yang ada. Hal ini ditandai dengan pemadaman listrik bergilir yang masih terus terjadi. Salah satu usaha yang dilakukan pemerintah untuk menambah pasokan energi listrik dengan membangun pembangkit listrik baru dan mengoptimalkan pembangkit listrik yang telah ada dengan melakukan konservasi energi. Tuntutan pembangkit listrik tenaga uap harus mempunyai efisiensi daya yang besar mengakibatkan faktor efisiensi merupakan hal yang sangat penting dan selalu menjadi pembahasan utama. Namun, pada PLTU 3 Air Anyir Bangka mengalami penurunan daya yang cukup besar, hal tersebut dikarenakan ketika keadaan komisioning menggunakan batu bara dengan kalor yang sangat tinggi (High Rank), tetapi pada saat ini pembangkit tersebut menggunakan batu bara dengan nilai kalor yang rendah (Low Rank), sehingga menyebabkan kerugian besar setiap harinya oleh pihak PLN. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisa pada PLTU 3 Air Anyir Bangka agar performa dari pembangkit dapat kembali seperti keadaan design.

Langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini, diawali dengan pengambilan data PLTU. Metode analisa unjuk kerja pembangkit dilakukan dengan analisa termodinamika dan menjalankan software pembangkit, yaitu *gatecycle*. Data yang di gunakan disesuaikan dengan kondisi operasi dan data desain di PLTU 3 Air Anyir Bangka. Variasi yang dipakai pada metode ini adalah variasi batu bara terhadap pembebanan dan efisiensi.

Hasil yang di dapatkan pada penelitian ini adalah dengan meningkatkan konsumsi bahan bakar kita dapat meningkatkan beban, tetapi batas maksimumnya adalah 80% dari coal feeder yaitu 20 t/h, sehingga bahan bakar yang direkomendasikan adalah 4298,64kcal/kg. pada software *Gate Cycle* di dapatkan konsumsi bahan bakar dan efisiensi dari bahan bakar 5145 kcal/kg, 3928 kcal/kg, dan 4298,64kcal/kg adalah 16,71t/h, 21,94t/h, dan 20t/h dan efisiensi adalah 30,03%, 25,45%, dan 26,71%. Sedangkan heat rate adalah 11651,1 kJ/kWh, 11759 kJ/kWh, dan 11852,1 kJ.kWh. Kemudian pada analisa perhitungan di dapatkan efisiensi adalah 30,22%, 26,62%, dan 27,9%. Heat rate pada analisa perhitungan adalah 11985,95 kJ/Kwh, 12262 kJ.kWh, dan 11964 kJ/kWh.

Kata Kunci—Batu Bara, Hidden Capacity, Efisiensi, Bahan Bakar.

I. PENDAHULUAN

Boiler merupakan salah satu komponen pembangkit yang digunakan untuk menghasilkan uap panas lanjut uap panas lanjut ini selanjutnya akan di gunakan untuk memutar sudu-sudu turbin yang dihubungkan dengan generator untuk menghasilkan listrik. Circulating Fluidized Bed (CFB) [6] Boiler adalah suatu boiler yang di gunakan pada pembangkit dengan membuat aliran batu bara yang terbakar seolah-olah seperti aliran fluida (fluidizing) dan merupakan solusi untuk pembangkit di Indonesia karena beberapa keunggulan yang di miliki oleh PC (Pulverized Coal) Boiler seperti fuel flexibility SO dan NO yang hamper tidak ada selama proses pembakaran, senyawa NO ini belum terbentuk karena nitrogen pada udara belum bias teroksidasi pada temperature 800 – 9000C, penambahan cyclone membuat proses pencampuran gas – solid menjadi lebih baik, fungsi utama untuk mengembalikan batu bara yang tidak terbakar kedalam furnace dan memisahkan batu bara yang tidak terbakar ini dengan flue gas yang akan melewati jajaran Heat Exchanger (HE) jika flue gas dan solid tidak di pisahkan maka akan menyebabkan solid juga terbawa ke jajaran HE sehingga bias menyebabkan pipa – pipa HE mengalami abrasi dan mengalami kebocoran kemudian efek yang lain adalah temperature bed lebih rendah.

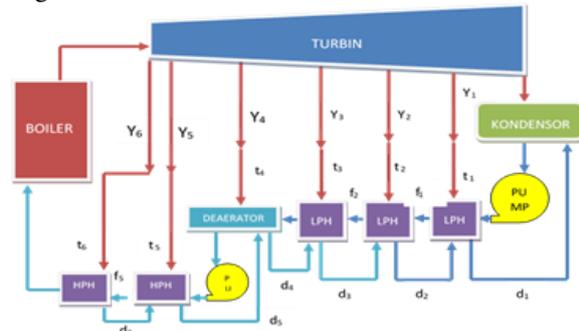
Menurut Peraturan Pemerintah No. 70 Tahun 2009 tentang konservasi energi, perlu dilakukan konservasi energi sebagai upaya sistematis, terencana, dan terpadu guna melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya. Pelaksanaan konservasi energi mencakup seluruh aspek dalam pengelolaan energi yaitu penyediaan energi, pengusaha energi, pemanfaatan energi dan konservasi sumber daya energi. [4] Efisiensi merupakan salah satu langkah dalam pelaksanaan konservasi energi. Hal yang mendasari perlunya dilakukan efisiensi dalam penggunaan energi adalah cadangan energi fosil yang terbatas, mengurangi kerusakan lingkungan hidup, mengurangi subsidi pemerintah untuk energi fosil dan memberikan keuntungan bagi pengguna energi. Efisiensi sangat perlu diterapkan pada industri pembangkit listrik khususnya pada pembangkit listrik tenaga uap.

Berdasarkan RUPTL (Rencana Upaya Penyediaan Tenaga Listrik) PLN 2015-2024, Bangka Belitung Sebagai provinsi baru maka sangat memerlukan banyak

sarana prasarana untuk mendukung aktivitas perekonomian dan program pemerintahan terutama untuk menarik investasi ke Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, Salah satu sarana yang sangat diperlukan adalah ketersediaan energy listrik, sehingga sangat diharapkan adanya penambahan/pembangunan pembangkit baru yang bertujuan untuk melayani pertumbuhan beban, menggantikan mesin-mesin yang sudah tua, meningkatkan keandalan system ketenagalistrikan dan meningkatkan efisiensi penyaluran tenaga listrik. Tuntutan pembangkit listrik tenaga uap harus mempunyai efisiensi daya yang besar mengakibatkan faktor efisiensi merupakan hal yang sangat penting dan selalu menjadi pembahasan utama. Salah satu hal yang menjadi parameter penting dalam menentukan seberapa besar efisiensi yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga uap adalah efisiensi peralatan konversi energy yaitu boiler dan turbin. Efisiensi boiler dapat diperoleh dengan melakukan perhitungan kerugian yang terjadi selama proses pembakaran dan efisiensi turbin diperoleh dengan menggunakan analisa termodinamika. Oleh karena itu, penyusun memilih untuk mengkaji dan menganalisis Efisiensi boiler dan turbin serta faktor yang menyebabkan efisiensi suatu boiler dan turbin mengalami penurunan.

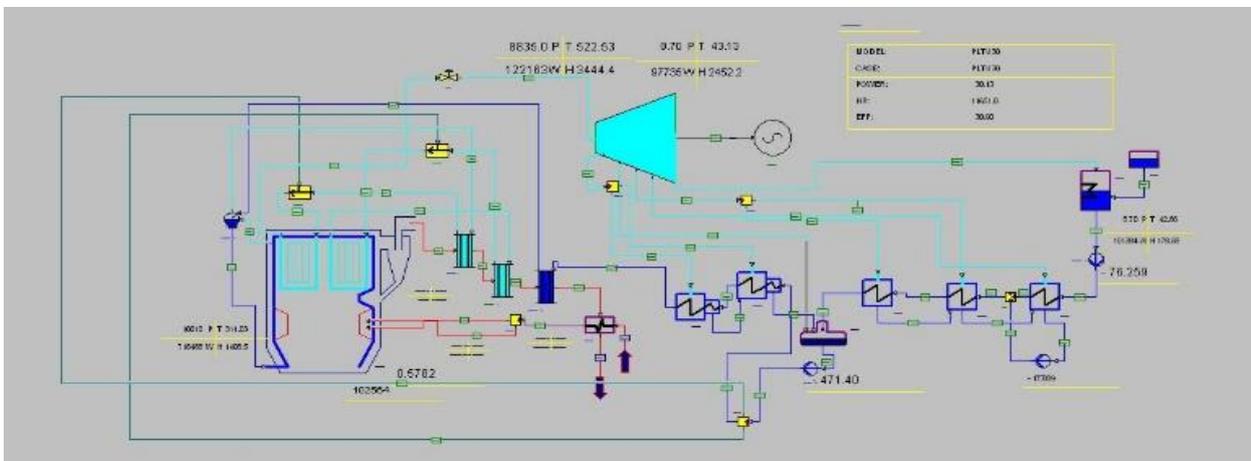
II. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan menggunakan *software* Gate Cycle [4] untuk mengetahui pengaruh perubahan kalori bahan bakar terhadap *net power output*, *net thermal efficiency* dan *net heat rate* PLTU 3 Air Anyir Bangka.



Gambar 1. Diagram Alir PLTU 3 Air Anyir Bangka Belitung

Dalam melakukan penelitian dan analisis pengaruh variasi kalori bahan bakar pada beban yang tetap terhadap thermal efficiency, net power output, net heat rate, analisa efisiensi boiler dari pembangkit unit 2 PLTU 3 Bangka Belitung terdapat beberapa tahapan yang dilakukan, antara lain :



Gambar 2. Model PLTU 3 Bangka Belitung Beban 100% pada Gate Cycle

Studi Kasus, Permasalahan mengenai menurunnya efisiensi pembangkit pada unit 2 PLTU 3 Bangka Belitung diperoleh berdasarkan observasi kondisi aktual di lapangan dan diskusi dengan pihak operator dan pihak engineering. Dalam melakukan penelitian dan analisis pengaruh variasi perubahan kalori bahan bakar pada beban yang tetap terhadap thermal efficiency, net power output dan net heat rate unit 2 PLTU 3 Bangka Belitung beroperasi pada performa yang tinggi.

Studi Literatur[1], Untuk memperdalam pemahaman mengenai permasalahan yang dibahas, dilakukan studi literature yang berkaitan dengan proses operasi unit 2 PLTU 3 Bangka Belitung dan perhitungan efisiensi dan rugi daya. Perhitungan net thermal efficiency, net power output dan net heat rate. Serta analisis menggunakan software Gate Cycle. Studi literature diperoleh dari e-book, jurnal, dan penelitian terlebih dahulu. Pengumpulan dan Pengolahan data, Sebelum melakukan penelitian, diperlukan adanya data acuan perhitungan sehingga dilakukan pengumpulan data desain dan aktual. Data desain diperoleh dari heat balance PLTU 3 Bangka Belitung unit 2. Sedangkan data

actual diperoleh dari CCR (Central Control Unit) unit 2 PLTU 3 Bangka Belitung. Kemudian kedua data tersebut diolah untuk mendapatkan data yang digunakan untuk perhitungan.

Perhitungan Net Thermal Efficiency, efficiency boiler dan Net Heat Rate, Dalam penelitian ini, untuk menghitung net thermal efficiency, net power output dan net heat rate menggunakan pendekatan termodinamika, data yang digunakan adalah data heat balance. Perhitungan efisiensi dan rugi daya PLTU menggunakan ilmu termodinamika sedangkan efisiensi peralatan seperti boiler menggunakan ASME PTC 4.1 [2].

Pemodelan dan Simulasi, Tahapan ini diawali dengan pemodelan PLTU 3 Bangka Belitung dengan menggunakan software Gate Cycle. Selanjutnya, adalah memasukkan nilai parameter pada masing-masing komponen PLTU 3 Bangka Belitung sesuai dengan data CCR dan heat balance. Setelah success (tidak terdapat kesalahan), dilakukan proses plotting data net thermal efficiency, net power output dan net heat rate. Selanjutnya dilakukan tahap validasi dengan membandingkan nilai yang dihasilkan software Gate

Cycle dengan nilai pada heat balance. Jika relatif sama, maka dilakukan variasi tekanan operasi kondensor. Selanjutnya dilakukan plotting kembali data net thermal efficiency, net power output dan net heat rate.

Analisis dan Pengolahan Data Hasil Simulasi, Setelah proses perhitungan dan simulasi selesai, hasil simulasi ditampilkan dalam bentuk data visual dan juga grafik untuk dianalisis secara kuantitatif. Dari data tersebut dapat dianalisis dan diolah sehingga didapat hubungan antara variasi tekanan operasi kondensor pada beban yang tetap dengan net thermal efficiency, net power output dan net heat rate.

Penyusunan Laporan, Keseluruhan tahapan yang telah dilakukan dan hasil dari penelitian ini kemudian disusun dalam bentuk yang sistematis.

III. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Data *heat balance* dan *Central Control Room (CCR)* diperlukan sebagai inputan dalam model PLTU kondisi operasi pada beban 100%. Berdasarkan hasil dari simulasi dengan *software Gate Cycle* yang ditunjukkan tabel 1 menunjukkan perbedaan *kalori bahan bakar* dan *konsumsi*. Dari data tersebut dapat dianalisis pengaruh perbedaan kalori bahan bakar terhadap *net power output*, *net thermal efficiency*, dan *net heat rate*.

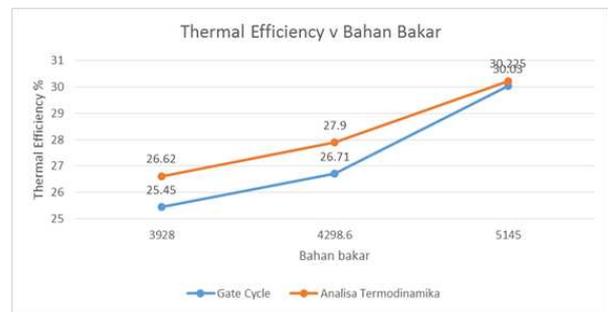
TABEL 1. HASIL SIMULASI GATE CYCLE

Total Power	LHV	Mcoal	capacity	efisiensi	Heat Rate	Msteam	Q
MW	Kcal/Kg	ton/h	coal handling ton/h	%	Kj/Kwh	kg/h	Kj/s
30.2	5145	16.71	25	30.03	11651.1	125197	100565
30.11	3928	21.94	25	25.45	11759.3	145779	118310
30.3	4298.6	20	25	26.71	11852.1	138256	113440

Dengan menggunakan pendekatan termodinamika sesuai persamaan *net thermal efficiency*, dan *net heat rate* dari PLTU 3 Bangka dapat diketahui. Selanjutnya data hasil simulasi divisualisasikan dalam bentuk grafik, uraian grafik pengaruh perubahan bahan bakar terhadap performa PLTU dijelaskan sebagai berikut:

A. Pengaruh Perubahan Bahan bakar terhadap Net Thermal Efficiency

Dari gambar 3, dapat dilihat bahwa grafik efisiensi terhadap bahan bakar cenderung meningkat karena semakin tinggi kalori bahan bakar, maka semakin tinggi pula efisiensi pembangkit tersebut dan juga beban akan naik. Nilai net thermal efficiency terendah pada saat bahan bakar sebesar 3928 kcal/kg pada keadaan operasi yaitu sebesar 26.71%. jika dibandingkan dengan kondisi pada saat commissioning bahan bakar sebesar 5145 kcal/kg pada keadaan operasi (komisioning) yaitu sebesar 30.03% atau mengalami penurunan sebesar 3.22 %. sedangkan nilai net thermal efficiency tertinggi adalah pada saat bahan bakar sebesar 5145 kcal/kg pada keadaan operasi (komisioning) yaitu sebesar 30.03 %, Dari gambar dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kalori pada bahan bakar maka net thermal efficiency yang dihasilkan PLTU 3 Air Anyir Bangka Belitung akan mengalami peningkatan. dapat dilihat bahwa trendline pada bahan bakar 5145 kcal/kg selalu meningkat dengan nilai efisiensi tertinggi pada beban 30.12 MW adalah sebesar 30.03%, dan terendah pada bahan bakar 4298.64 Kcal/kg adalah sebesar 25.45%. Sementara pada bahan bakar 3928 Kcal/kg trendline cenderung menurun adalah sebesar 26.71% %.

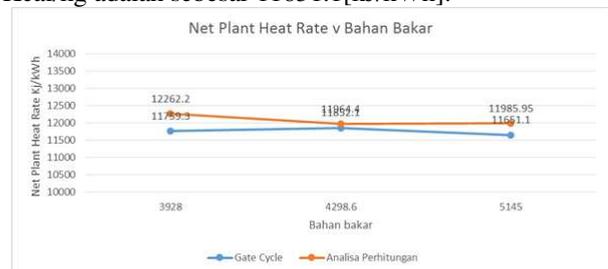


Gambar 3. Grafik bahan bakar terhadap Thermal Efficiency

Hal ini di karenakan pada bahan bakar 3928 Kcal/kg dan 4298.64 Kcal/kg membutuhkan konsumsi bahan bakar yang cukup tinggi untuk mencapai beban yang tinggi di dibandingkan bahan bakar 5145 kcal/kg hanya membutuhkan konsumsi bahan bakar yang sedikit untuk mencapai beban yang sama. Hal tersebut karena kalori antar bahan bakar yang berbeda.

B. Pengaruh Perubahan Bahan Bakar terhadap Net Heat Rate

Dari gambar 4, dapat dilihat bahwa net heat rate terendah adalah pada saat bahan bakar membuat angka sebesar 5145 kcal/kg pada keadaan operasi (komisioning) yaitu sebesar 11651.1[kJ/kWh], jika dibandingkan dengan kondisi pada bahan bakar yang kalori rendah sebesar 3928 Kcal/kg net heat rate mengalami kenaikan sebesar 11759.3 [kJ/kWh] . sedangkan pada saat bahan bakar sebesar 5145 kcal/kg pada keadaan operasi (komisioning) yaitu sebesar 11651.1 [kJ/kWh], Dari Dapat dilihat bahawa trendline pada bahan bakar 3928 kcal/kg selalu meningkat dengan nilai net plant heat rate tertinggi pada beban 30.12 MW adalah sebesar 11759.3 Kj/Kwh dan pada bahan bakar baru 4298.64 Kcal/kg adalah sebesar 13916.3kj/kwh. Sementara pada bahan bakar 5145 Kcal/kg trendline cenderung menurun dengan nilai tertinggi pada bahan bakar baru 4298.64 Kcal/kg adalah sebesar 13916.3kj/kwh dan terendah pada bahan bakar 5145 Kcal/kg adalah sebesar 11651.1[kJ/kWh].



Gambar 4. Grafik bahan bakar terhadap Net Plant Heat Rate

C. Analisa Perhitungan Efisiensi Boiler Indirect Method dan direct method [2]

1) Perhitungan efisiensi boiler indirect method

Udara teoritis yang dibutuhkan (Theoretical air required, TA). Dirumuskan :

$$TA = \frac{[(11,6 \times 55,58) + (34,8 \times (5,5 - \frac{13,56}{8})) + (4,35 \times 0,48)]}{100} = 7,7923 \text{ kg/kg batubara}$$

Kelebihan udara yang tersedia (*Excess Air supplied, EA*). Dirumuskan :

$$EA = \frac{(8,76 \times 100)}{(21 - 8,76)} = 71,56 \%$$

Massa aktual udara yang tersedia (Actual mass of air supplied, AAS). Dirumuskan :

$$\text{AAS} = \left(1 + \frac{71.56}{100}\right) \times 7.7923 \text{ kg/kg Batu bara}$$

$$= 13.369 \text{ kg/kg batubara}$$

Massa gas buang kering (\dot{m}_{fg}). Dirumuskan :

$$(\dot{m}_{fg}) = \frac{0,6534 \times 44}{12} + 0,0094 + \frac{10,17 \times 80,21}{100} + \frac{10,17 \times 8,76}{100}$$

$$= 11.45 \text{ kg/kg gas alam}$$

Perhitungan *heat loss* adalah sebagai berikut :

Kerugian akibat gas buang kering (L_1), Gas buang hasil pembakaran dari *boiler* masih memiliki kalor yang tinggi. Hal ini menimbulkan kerugian yang berdampak terhadap penurunan efisiensi *boiler*.

$$L_1 = \frac{11,45 \times 0,24 \times (150,9778 - 30,6)}{5145} \times 100 = 6.42\%$$

Kerugian panas akibat pembentukan air karena kandungan H_2 pada bahan bakar (L_2). Unsur hidrogen didalam bahan bakar menyebabkan terbentuknya uap air (H_2O) pada proses pembakaran. Akibatnya kalor akibat pembakaran bahan bakar di *boiler* diserap oleh uap air ini, sehingga mengurangi kalor yang digunakan untuk menguapkan air umpan.

$$L_2 = \frac{9 \times 0,055 \times \{584 + 0,45(150,9778 - 30,6)\}}{5145} \times 100 = 6.139\%$$

Kerugian panas kandungan H_2O pada bahan bakar (L_3). Air dalam bahan bakar tidak akan bereaksi dalam proses pembakaran dan akan menyerap kalor dari hasil pembakaran. Akibatnya akan mengurangi kalor yang digunakan untuk menguapkan air umpan.

$$L_3 = \frac{0,1375 \times \{584 + 0,45(150,9778 - 30,6)\}}{5145} \times 100 = 1.7055\%$$

Kerugian panas akibat kandungan H_2O di udara (L_4). Udara pembakaran yang diambil dari udara bebas, selalu mengandung uap air. Uap air ini tidak bereaksi selama proses pembakaran dan akan menyerap kalor yang dihasilkan dari pembakaran dalam *boiler*, sehingga mengurangi kalor yang digunakan untuk menguapkan air umpan.

$$L_4 = \frac{13.369 \times 0,024 \times 0,45 \times (150,9778 - 30,6)}{5145} \times 100 = 0.3378\%$$

Kerugian panas akibat pembakaran tidak sempurna (L_5) Kandungan *flue gas* tidak terdapat karbon monoksida (CO), sehingga diasumsikan pembakaran berlangsung sempurna dan $L_5 = 0$

Kerugian panas akibat radiasi, konveksi dan parameter tak terhitung lainnya (L_6). Radiasi panas yang keluar dari dinding – dinding *boiler* ikut mengurangi kalor yang digunakan oleh *boiler* untuk menguapkan air umpan (*feed water*). total radiasi dan konveksi adalah 766.298 x 170,68 (luas boiler) = 130791.7549 kcal

$$= \frac{(130791.7549 \times 100)}{5145 \times 24900} = 0,1 \%$$

Kerugian panas akibat tidak terbakarnya *fly ash* (L_7). Dikarenakan data GCV dari *fly ash* tidak didapatkan, maka diasumsikan tidak menghasilkan *fly ash* dan $L_7 = 0$

Kerugian panas akibat tidak terbakarnya *bottom ash* (L_8). Dikarenakan data GCV dari *bottom ash* tidak didapatkan, maka diasumsikan tidak menghasilkan *fly ash* (L_8) = 0. Kerugian panas akibat terbakarnya *limestone* (L_9). Dikarenakan *limestone* tidak digunakan, maka kerugian karena *limestone* (L_9) = 0. Kerugian panas akibat kandungan H_2O pada *limestone* (L_{10}). Dikarenakan *limestone* tidak digunakan, maka kerugian karena *limestone* (L_{10}) = 0. Kerugian yang tidak terhitung (*Uncountable losses*) (L_{11}) Kerugian yang tidak terhitung diasumsikan sebesar 1%.

Efisiensi boiler dengan *indirect method* sebagai berikut

$$\text{Efisiensi boiler (\%)} = 100 - (L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_6 + L_7 + L_8 + L_9 + L_{10} + L_{11})$$

$$\text{Efisiensi boiler (\%)} = 100 - (6.42 + 6.139 + 1.755 + 0,3378 + 0 + 0.1 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 1)$$

$$\text{Efisiensi boiler 5145 Kcal/kg(\%)} = 84.29\%$$

$$\text{Efisiensi boiler 3928 Kcal/kg(\%)} = 81.91\%$$

$$\text{Efisiensi boiler 4298 Kcal/kg(\%)} = 82.48\%$$

2) *Perhitungan efisiensi boiler direct method*

Efisiensi boiler direct dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{efisiensi boiler (\eta)} = \frac{\text{Heat addition to steam}}{\text{Gross Heat in fuel}} \times 100$$

$$\text{Efisiensi boiler (\eta)} = x \times 100$$

$$\text{Efisiensi boiler (\eta)} = \frac{116.1 \times (768,45 - 265,33)}{17,1 \times 3928} \times 100\%$$

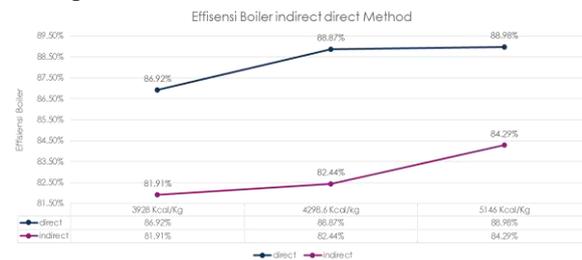
$$\text{efisiensi boiler 5145 Kcal/kg (\eta)} = 88.98\%$$

$$\text{efisiensi boiler 3928 kcal/kg(\eta)} = 86,92\%$$

$$\text{efisiensi boiler 4298 Kcal/kg (\eta)} = 88.87\%$$

Efisiensi merupakan perbandingan antara energy yang berguna untuk menghasilkan sesuatu di bandingkan dengan energy yang di masukan ke dalam system tersebut. Dengan kata lain semakin kecil efisiensi semakin besar energy yang di buang yang akan berdampak pada besarnya biaya yang di keluarkan. Apabila kita dapat meningkatkan nilai efisiensi pada peralatan, maka kita dapat meminimalkan energi yang terbuang, atau dapat di katakan kita dapat melakukan penghematan biaya.

Perbedaan bahan bakar dapat mempengaruhi efisiensi boiler baik dari direct method maupun indirect method. Trendline dari berbagai grafik terlihat meningkat dari 81% menjadi 88 % untuk indirect, hal tersebut terjadi karena perubahan bahan bakar dari low rank ke high rank. Perubahan tersebut juga di ikuti dengan kandungan kandungan yang ada di batu bara yang membuat efisiensi tersebut menurun, seperti pada bahan bakar low rank yang memiliki kandungan moisture yang cukup tinggi sehingga membuat efisiensi pada boiler tersebut rendah. Sedangkan pada efisiensi boiler direct method trendline juga meningkat dari 86% menjadi 88%. hal tersebut terjadi di karenakan steam pada pembangkit cenderung rendah pada bahan bakar low rank.



Gambar 5. Grafik Pengaruh bahan bakar terhadap efisiensi boiler indirect method dan direct method

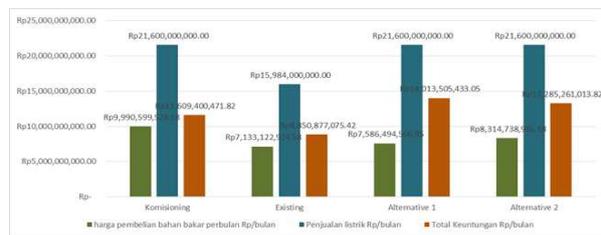
D. Audit Ekonomi Boiler PLTU 3 Air Anyer Bangka

Audit energi [3] adalah proses evaluasi pemanfaatan energi dan identifikasi peluang penghematan energi serta rekomendasi peningkatan efisiensi pada pengguna sumber energi dan pengguna energi dalam rangka konservasi energi. Audit energi dilaksanakan sekurang-kurangnya pada proses dan pengguna energi utama secara berkala paling sedikit satu kali dalam tiga tahun. Proses audit dapat dilakukan oleh auditor internal maupun eksternal, namun auditor-auditor tersebut wajib memiliki sertifikat kompetensi sesuai dengan peraturan perundang-undangan.

Kompetensi auditor energi di bidang industri dan gedung sedang dalam proses penetapan oleh Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (MESDM). Rekomendasi audit energi yang bersifat no maupun low cost wajib diterapkan dalam jangka waktu kurang dari tahun, selain itu rekomendasi yang memerlukan perubahan proses atau yang memerlukan investasi dan memenuhi kriteria teknis dan ekonomis wajib diterapkan dalam jangka menengah atau kurang dari 5 tahun. Tetapi, rekomendasi audit energi tidak dapat dilaksanakan karena sesuatu hal, maka pengguna energi dan pengguna sumber energi harus memberikan penjelasan baik secara teknis maupun ekonomis.

TABEL 2. AUDIT EKONOMI DENGAN BERBAGAI ALTERNATIVE PLTU BANGKA

Nama	unit	HRV (High Heating Value)			
		Komisioning	Existing	Alternative 1	Alternative 2
Load	KW	30200	22200	31100	30900
efisiensi	%	30.03%	20.03%	25.45%	26.67%
Mcoal	kg/h	16710	17300	21940	20000
harga batu bara	Rp/kg	831.11	407.24	407.24	512.83
coal	kg/kg	21541.1	16401.28	16401.28	17982.83
output listrik	kWh	21,600,000.00	15,984,000.00	21,600,000.00	21,600,000.00
Kebutuhan bahan bakar	kg	71,928,071.89	78,900,299.55	84,872,298.62	80,989,876.27
Konsumsi perbulan	kg/bulan	17,030,790.90	17,515,771.84	18,629,050.60	16,219,441.07
harga pembelian bahan bakar perbulan	Rp/bulan	9,990,599,528.18	7,138,122,924.58	7,386,484,566.95	8,314,738,986.18
Harga listrik PLN	Rp/kWh	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
Penjualan listrik	Rp/bulan	21,600,000,000.00	15,984,000,000.00	21,600,000,000.00	21,600,000,000.00
Total Keuntungan	Rp/bulan	11,609,400,471.82	8,850,877,075.42	14,013,505,433.05	13,285,261,013.82



Gambar 6. Audit Ekonomi PLTU 3 Air Anyir Bangka Belitung

Pada Gambar 6 dapat kita ketahui saat keadaan komisioning beban pada pembangkit dapat mencapai 30MW dengan penjualan yang di dapat sebesar 21,6 Milyar sehingga keuntungan yang didapat sebesar 11,6 Milyar, tetapi pada saat keadaan existing beban pada pembangkit hanya bisa mencapai 22 MW sehingga penjualan yang di dapat sebesar 15,9 Milyar dengan keuntungan sebesar 8,8 Milyar. Sehingga adanya potential lost pada pembangkit sebesar 5,7 Milyar. Hal ini membuat pemangkit rugi sekitar 26,7%.

Kemudian, di analisa permasalahan tersebut dengan meningkatkan konsumsi dan menggunakan bahan bakar yang sama pada keadaan existing sehingga didapatkan solusi alternative 1 dengan meningkatkan konsumsi bahan bakar sebesar 21,9t/h untuk mencapai beban 30 MW, lalu di dapatkan penjualan sebesar 21,6 Milyar dengan keuntungan sebesar 14 Milyar Tetapi, alternative 1 tidak dapat di lakukan di karenakan pemakaian alat melebihi batas reabilitinya. Jadi, perlu di analisa ulang untuk mencari solusi baru.

Solusi baru yang didapat yaitu dengan mengganti bahan bakar yang berbeda supaya beban mencapai 30 MW, sehingga di temukan alternative 2 dengan penjualan sebesar 21,6 Milyar dengan keuntungan sebesar 13,2 Milyar.

IV. KESIMPULAN

Pada dasarnya penelitian ini menitik beratkan pada penggunaan *software Gate Cycle* untuk menganalisis sebuah pembangkit. dalam penelitian ini *software* tersebut digunakan untuk menganalisis pengaruh perubahan bahan bakar terhadap performa PLTU 3 Air

Anyir Bangka. Dari analisis tersebut diperoleh beberapa kesimpulan, diantaranya:

1. Dengan perbedaan bahan bakar pada suatu pembangkit membuat performa pembangkit menurun. Hal tersebut dilihat dari penurunan power pada saat komisioning sebesar 30 MW menjadi 22 MW atau 26,67%, sehingga hal tersebut di karenakan perubahan bahan bakar tanpa analisa yang dalam yang awalnya sebesar 5145 Kcal/kg menjadi 3928 Kcal/kg pada konsumsi bahan bakar yang sama.
2. Dalam mengatasi kehilangan beban di buat analisa menggunakan *software gate cycle* untuk mengatasi hal tersebut dengan meningkatkan konsumsi bahan bakar yang pada kondisi maksimum sebesar 80% atau 20 t/h, sehingga di dapat bahan bakar yang ideal yaitu 4298.64 kcal/kg.
3. Dengan perbedaan bahan bakar yaitu 5145 kcal/kg, 3928 kcal/kg, dan 4298.64 kcal/kg terhadap net thermal efficiency masing masing sebesar 30.03%, 25,45%, dan 24,71%.
4. Dengan perbedaan bahan bakar yaitu 5145 kcal/kg, 3928 kcal/kg, dan 4298.64 kcal/kg terhadap heat rate akan menaikkan net heat rate sebesar 11651.1 [kJ/kWh] menjadi 13916,3 [kJ/kWh]. Hal ini meningkat sebesar 25 % dari kondisi komisioning.
5. Nilai efisiensi boiler paling rendah berdasarkan direct methode yaitu 86,92% pada bahan bakar 3928 Kcal.kg. Sedangkan secara indirect methode yaitu 81.91% pada bahan bakar 3928 Kcal/kg dengan rincian kerugian akibat gas buang 7,64%, kandungan hidrogen bahan bakar 6,59%, kelembaban udara 2,01% dan perpindahan panas permukaan boiler 0,2%. Nilai efisinsi boiler tertinggi berdasarkan direct method yaitu 88,98% pada bahan bakar 5145 Kcal/kg. Sedangkan secara indirect method yaitu 84,29% pada bahan bakar 5145 Kcal/kg.
6. Dengan perbedaan keadaan pada saat komisioning dan existing membuat potential lost sebesar 26,7 % atau 5,7 Milyar, kemudian di dapatkan solusi alternative 1 untuk mencapai kondisi yang sama pada saat komisioning dengan keuntungan sebesar 14 milyar, tetapi tidak dapat di gunakan karena melebihi batas maksimum realibility dari peralatan yang ada, sehingga di dapatkan alternative 2 dengan keuntungan sebesar 13,2 Milyar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Moran, Howard N. 2006. Fundamental of engineering thermodynamics. England: John and wiley son Ltd.
- [2] Ronald A. Zeitz. 1997. Energy Efficiency Handbook. Burke : Council of Industrial Boiler Owner
- [3] Babcock and Wilcox. 2005. Steam, Its Generation and Use. USA: Babcock and Wilcox Company
- [4] Bureau of Energy Efficiency team. 2005. Energy performance assessment for equipment & utility systems. New Delhi : Bureau of Energy Efficiency
- [5] Asmudi, 2009. Analisa Unjuk Kerja Boiler terhadap Penurunan Daya pada PLTU PT. Indonesia Power UBP Perak. ITS Surabaya: Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan
- [6] American boiler & mechanical, Boiler preventive maintenance. <http://www.americanboilermech.com>. Diakses pada tanggal 16 Juni 2015